UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA/AUTOMAÇÃO

ALAN FELIPE RODRIGUES
FABRÍCIO VIEIRA FERRARIN
PEDRO GUILHERME MYLLA OLESKO

IMPLEMENTAÇÃO DE INDICADOR DE DESEMPENHO OEE EM MÁQUINA DE ABASTECIMENTO DE AR CONDICIONADO AUTOMOTIVO

CURITIBA
2013

ALAN FELIPE RODRIGUES
FABRÍCIO VIEIRA FERRARIN
PEDRO GUILHERME MYLLA OLESKO

IMPLEMENTAÇÃO DE INDICADOR DE DESEMPENHO OEE EM MÁQUINA DE ABASTECIMENTO DE AR CONDICIONADO AUTOMOTIVO

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito para aprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Busetti de Paula

CURITIBA
2013

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a implantação do indicador de medida de eficiência OEE (*Overall Equipment Effectiveness* – Eficiência Global do Equipamento) em uma máquina de abastecimento de fluido de ar condicionado da linha automotiva a partir dos dados armazenados em banco de dados MySQL. Com isso também é feita uma implementação de manutenção preventiva no equipamento, visto que até o momento é realizada apenas a manutenção corretiva. Desta forma, o trabalho também apresenta o conceito de manutenção, e do indicador OEE a partir da qual Nakajima (1989) desenvolveu o mesmo. Buscou-se estudar e avaliar quais os dados necessários para a realização do calculo do OEE, para então em programação *Visual Basic* realizar os cálculos necessários ao trabalho. O resultado deste trabalho é fundamental para a melhoria do sistema de manufatura dos automóveis, visto que melhora a eficiência da máquina, diminuindo os problemas da linha de produção por falha da máquina.

Palavras Chave: Eficiência Global dos Equipamentos (OEE); Manutenção; Visual Basic; Banco de Dados.

ABSTRACT

This paper aims to present the implementation of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) on a machine supply fluid for automotive air conditioning from the data stored in MySQL database. With this, it is also made an implementation of preventive maintenance on the equipment, that is only performed corrective maintenance. Thus, the paper also presents the concept of maintenance, and indicator OEE from which Nakajima (1989) developed the OEE indicator. The group attempt to study and evaluate what data is needed to perform the OEE calculus, and then in Visual Basic programming perform the necessary calculations to work. The result of this work is fundamental to improve the manufacturing system of automobiles, since it improves the efficiency of the machine, lowering the production line problems due to failure of the machine.

Keywords: Overall Equipment Effectiveness (OEE); Maintenance; Visual Basic; Data Base.

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
DT	*Downtime*
IHM	Interface Homem Máquina
JIPM	*Japan Institute of Plant Maintenance*
OEE	*Overall Equipment Effectiveness*
PC	*Personal Computer*
RAM	*Reliability, Availability and Maintainability*
RCM	*Reliability Centered Maintenance*
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SQL	*Structured Query Language*
ST	*Stop Time*
TEEP	*Total Equipment Effectiveness Productive*
TPM	*Total Productive Maintenance*
VB	*Visual Basic*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

No fim do século XIX, com a revolução industrial e a implantação da produção em série, houve a necessidade de se começar a fazer reparos nos sistemas de produção. Com esta fabricação em série, as indústrias começaram a ter programas de produção, com isso necessitaram criar equipes de manutenção para efetuar reparos em um curto prazo de tempo.

Devido à atual economia globalizada e com a competitividade do mercado, faz-se necessário que as empresas busquem melhorar continuamente a eficácia de seus processos produtivos, identificando e eliminando as perdas e, consequentemente, reduzindo custos. A metodologia TPM *(Total Productive Maintenance)* propõe a eficácia global dos equipamentos, atacando os maiores desperdícios nas operações de produção. Esta sistematização promove melhorias, também, no sistema de equipamentos, procedimentos operacionais, manutenção e desenvolvimento de processos para evitar futuros problemas.

Para a medição das melhorias implementadas pela metodologia TPM é utilizada uma ferramenta conhecida como OEE *(Overall Equipment Effectiveness)*. Com a OEE é possível identificar os equipamentos do setor produtivo com menor eficiência, assim podendo aperfeiçoá-los. O indicador OEE pode ser dividido em três índices, a fim de verificar se a máquina está trabalhando nas condições corretas. O primeiro índice é o de disponibilidade, o qual é responsável pela questão da máquina estar funcionando ou parada. O segundo é o de *performance*, onde é analisada se a máquina está operando com o seu máximo rendimento, ou seja, na sua máxima capacidade. O terceiro índice que compõe o OEE analisa se a máquina está produzindo com as especificações corretas, ou seja, peças com qualidade.

A Figura 1 ilustra o indicador OEE, seus índices e as perdas relacionadas com cada um destes índices.
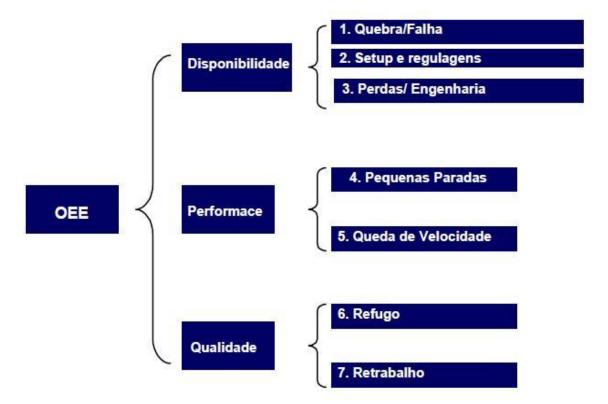
Figura 1: Elementos da Eficácia Global de uma Máquina

Fonte: SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J. Utilização do Indicador de Eficácia Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura. 2007. 10 f. UNIFEI.

1.1 TEMA

Desenvolvimento de um sistema indicador do índice de desempenho OEE através da Interface Homem Máquina de um equipamento desenvolvido pela empresa Engemo, para abastecimento de ar condicionado automotivo.

1.1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A Engemo Fluid Solutions é uma empresa de engenharia genuinamente brasileira situada no município de Curitiba. Foi fundada em 1985 e teve suas atividades iniciadas com projetos e instalações industriais voltadas ao armazenamento, controle e distribuição de fluídos. Ao longo do tempo, juntamente com grandes empresas do setor de lubrificantes e combustíveis, foi responsável pelo projeto, execução e implantação

de grandes bases de armazenamento e distribuição de fluídos em empresas automotivas.

Na última década, passou a atuar no segmento de máquinas para testes e primeiro enchimento de fluídos para os mais variados circuitos e tipos de veículos, realizando, além do projeto, a fabricação, instalação e *set up* das máquinas.

Desta forma, possuindo este *know-how*, a empresa foi contratada para realizar o projeto de uma máquina para a realização do processo de abastecimento do sistema de ar condicionado para veículos da DAF, sendo responsável pelos testes e enchimento dos fluidos do sistema de ar condicionado dos veículos.

Esta máquina realiza diversos testes, como pré carga, teste de pressão de cilindro, pressão e estanqueidade.

Para realizar o controle de todo este equipamento, uma Interface Homem Máquina (IHM) foi instalada. Nesta IHM é possível comandar e observar os seguintes itens:

- Passo atual do processo;
- Status do processo;
- Falhas de equipamento;
- Falhas de processo;
- Dados do processo, parâmetros e medições;
- Modo de operação e nome do produto;
- Falhas encontradas;
- Status da Manutenção Preventiva;
- Tempo de passo e processo;
- Temperatura;
- Botão de seleção de tela principal ou de visualição de diagrama ilustrado;
- Botão de seleção da tela de falhas de equipamento e falhas de processo;
- Botão de seleção da tela de *setup* – edição dos parâmetros de receitas e modelos;
- Botão de seleção da tela de busca de resultados;
- Botão de tela de informações de contatos com fabricante;
- Botão de *logout* – saída do operador;

Analisando estes itens, é possível perceber que já se encontram disponíveis alguns parâmetros relacionados à manutenção industrial.

A manutenção vem ganhando cada vez mais uma posição estratégica dentro das empresas. Se uma organização não estiver realizando-a de forma eficaz e aproveitando toda a sua gama de parâmetros e medições, poderá perder a competitividade no mercado, tendo seus custos elevados, pois a conservação de seus equipamentos é indispensável para garantir a disponibilidade de ativos da empresa.

Nesta máquina produzida pela Engemo, observa-se que a manutenção é do tipo corretiva, na qual a IHM emite um aviso de que existe uma falha e então um funcionário irá verificar e realizar a manutenção. Porém existem outros tipos de manutenção que, muitas vezes, são considerados mais eficazes, como a manutenção preventiva, a qual é realizada de forma a reduzir ou evitar a queda no desempenho do equipamento, obedecendo um plano previamente elaborado. Outro tipo é a manutenção preditiva, onde se acompanha o comportamento de determinados elementos do equipamento ou identifica-se um diferente do normal, e uma vez constatada a anomalia, realiza-se a manutenção, antes da falha ocorrer.

Desta forma, visando um melhoramento da manutenção do equipamento, e utilizando-se do fato deste já possuir todo um sistema de controle através da IHM e do Controlador Lógico Programável (CLP), é possível a realização de melhorias, como a construção de indicadores de desempenho do equipamento, como, por exemplo, o OEE.

O OEE é uma tendência muito forte nas empresas, sendo o indicador mais aceito para a avaliação de desempenho. Segundo a Schneider (2011), a fórmula OEE é usada para localizar as maiores áreas que irão proporcionar o maior retorno sobre os ativos. O OEE irá mostrar como melhorias em trocas, qualidade, confiabilidade, máquina trabalhando através de pausas, entre outros fatores afetam a linha de fundo.

A proposta deste trabalho é justamente a melhoria desta máquina, realizando a aquisição dos dados de manutenção necessários para o cálculo desse indicador e armazenando em um banco de dados. Assim, em posse destes dados é possível realizar o cálculo do indicador e criar uma tela na IHM para visualizá-lo.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Um sistema capaz de avaliar o desempenho de uma máquina é fundamental para a manutenção. Mesmo em empresas com processos estabilizados existem possibilidades de melhorias, aplicação de novas técnicas e novas formas de gerenciar. O uso de indicadores de gestão de produção e manutenção, como o OEE, torna esta tarefa mais fácil de ser realizada

Ao compartilhar um conjunto de conceitos básicos e definições, desenvolve-se uma base para a comunicação e, desta maneira, cada um pode contribuir para a Confiabilidade, Disponibilidade e Sustentabilidade (RAM – *Reliability, Availability, and Maintainability*). Considerando que cada um é responsável pela RAM, as expectativas destas responsabilidades devem ser bem entendidas. Elas são:

1 – Eliminar as falhas.

2 – Quando a falha ocorre, reduzir o impacto ou a conseqüência da mesma.

3 – Quando a falha ocorre, fazer considerações tanto no curto como no longo prazo para otimizar o reparo e restabelecer os sistemas.

A adoção de um sistema informatizado de apoio à gestão facilita a consulta e entendimento da origem dos dados e seus motivos. Os gestores de produção têm a possibilidade de analisar seus indicadores *on-line*, o que para a tomada de decisão é um fator fundamental para a reação diante os problemas de rotina, com o estabelecimento de um plano de ação rápido.

Isso ajudará a focar nas causas corretas e possibilitar que a atenção esteja sempre voltada a causa raiz.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema de cálculo do indicador OEE diretamente na Interface Homem Máquina de equipamento para abastecimento de ar condicionado na linha automotiva.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliação dos elementos do indicador OEE;
- Avaliar a relação do OEE com a manutenção e produção;
- Observar o funcionamento da máquina;
- Obter dados relevantes para realizar o cálculo do indicador;
- Elaborar um banco de dados de manutenção e funcionamento da máquina;
- Observar a função manutenção no funcionamento do equipamento;
- Especificar o ambiente VB (*Visual Basic*) com base em software próprio da Engemo para:
  - → Especificar interfaces gráficas para configuração, entrada de informações, monitoramento em tempo real, comando, elementos gráficos e elementos para apoio à tomada de decisão do operador.

1.4 JUSTIFICATIVA

O gerenciamento estratégico da manutenção está cada vez em maior evidência. Em um cenário mercadológico extremamente exigente e competitivo, já não cabe as empresas ignorarem os fatores que podem gerar uma melhor *performance*. Durante décadas, as empresas trataram o setor de manutenção como fonte de gastos, departamento só lembrado em situações de emergência, como as de parada de produção e quebra de máquinas. Após padecerem com altos prejuízos decorrentes da deterioração dos seus ativos, devido a atrasos nas entregas e queda na qualidade dos produtos, os empresários foram obrigados a investir em engenharia de manutenção.

Os novos tempos induziram à maior capacitação dos colaboradores e adoção de técnicas como preventivas e preditivas, muitas das vezes aliadas a programas como Manutenção Produtiva Total (TPM), Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) e outros métodos visando qualidade. A parada não programada de uma máquina se tornou prejudicial ao processo dentro dos conceitos modernos de manutenção.

Enquanto outrora o importante era à disposição de suprimento e mão de obra que garantissem a correção da falha, agora a prioridade passa a ser a rápida aquisição de dados. Tal necessidade exige um perfil mais intelectual e menos manual dos envolvidos. Daí, a então inevitável tendência da informatização dos processos.

Dentro deste cenário, surge a automação como uma ferramenta para auxiliar neste aumento produtivo.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos do projeto são:

- Compreensão dos indicadores de manutenção OEE;
- Estudo do sistema gerenciador do banco de dados;
- Estudo do funcionamento dos processos da máquina de abastecimento de gás refrigerante;
- Identificação dos parâmetros os quais influenciam a melhoria do indicador OEE na máquina;
- Levantamento dos valores armazenados pelo CLP ao longo do processo, os quais serão utilizados para o cálculo do OEE;
- Elaboração do código fonte com fim de calcular o valor final do indicador OEE;
- Adequar a estratégia de manutenção do maquinário visando uma ação preventiva;
- Desenvolvimento de uma interface gráfica para auxílio da manutenção preventiva;
- Desenvolvimento de uma interface gráfica do indicador OEE de fácil compreensão para usuários;

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Na introdução do trabalho, capitulo 1, será apresentada a proposta a ser desenvolvida, os objetivos do trabalho, o método de pesquisa e o porquê de se fazer este sistema.

No capitulo 2 será feita uma valorização ao longo do tempo da manutenção e os tipos existentes. Também será mostrada a metodologia TPM, dando ênfase ao indicador OEE. Será abordado também o banco de dados, forma de programação e equipamentos da máquina.

O capítulo 3 trata de uma revisão bibliográfica acerca dos Sistemas de Manufatura, tratando sobre o que são máquinas de produção e sobre linhas de montagem e falhas.

Posteriormente no capítulo 4, será abordada a parte de Sistema de Aquisição de Dados, abordando a automação industrial e alguns componentes utilizados, o CLP e a IHM.

No próximo capítulo, 5, é realizada a explanação acerca da Máquina de Abastecimento de Ar Condicionado, sendo mostrado todo o seu funcionamento.

O capitulo 6 expõe o que é um banco de dados, como é o banco de dados MySQL e também a forma como foi introduzido um banco de dados no sistema de controle da máquina de abastecimento de fluídos, com o fim de utilizar informações passadas do processo para o cálculo dos indicadores OEE.

Desta forma, no capítulo 7, será mostrada a criação do código fonte para o cálculo desta ferramenta. A forma como serão gerados os gráficos, os quais ilustram o OEE, e a interface gráfica, para a interação com o operador da máquina.

Finalmente no capitulo 8, serão feitas algumas conclusões e discussões, assim como idéias para futuros trabalhos.

2 MANUTENÇÃO

Manutenção é o conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas ou equipamentos, para mantê-los nas mesmas condições de desempenho de fábrica e de projeto, visando garantir a consecução de sua função dentro dos parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazos, de custos e de vida útil adequados (MIRSHAWKA E OLMEDO, 1993).

O histórico da manutenção acompanha o desenvolvimento técnico-industrial causado pela Revolução Industrial, até a primeira Guerra Mundial em 1914. A manutenção possuía importância secundária e quem a executava eram os próprios operadores dos equipamentos. A partir de então, com a grande demanda de equipamentos bélicos e a implantação da produção em série, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em conseqüência, surgiu a necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em suas máquinas e instalações no menor tempo possível. Desta maneira surgiu um órgão subordinado à operação, cujo objetivo básico era de corrigir as falhas ocorridas e tornar os equipamentos aptos à operação. Era a execução da manutenção, hoje conhecida como corretiva.

A partir da década de 1930, no período da segunda Guerra Mundial e da necessidade de aumento de rapidez de produção, a alta administração industrial passou a se preocupar, não apenas com correção das falhas, mas em evitar que elas ocorressem. Assim, o pessoal técnico de manutenção passou a desenvolver o processo de prevenção das falhas que, juntamente com a correção, complementavam o quadro geral de manutenção, formando uma estrutura tão importante quanto à estrutura de operação.

Após a guerra, ocorreu a evolução da aviação comercial e da indústria eletrônica. Assim observou-se a necessidade de diagnosticar as falhas. Para tal foram selecionadas equipes de especialistas, compondo assim um órgão de assessoramento à produção, chamado de “Engenharia de Manutenção”. Ficava então a cargo desta Engenharia a missão de planejar, programar e controlar as atividades de manutenção preventiva, bem como analisar causas e efeitos das avarias.

Nos anos sessenta, o desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos e meios de inspeção proporcionaram à Engenharia de Manutenção a criação de critérios e técnicas de predição ou previsão de falhas, visando otimizar a atuação das equipes de execução da manutenção. Assim, surge uma nova técnica de manutenção, denominada Manutenção Preditiva, isto é, a ação só ocorre quando os sintomas indicarem a proximidade da ocorrência de falhas. É como se a manutenção pudesse prever com uma precisão quantitativa a ocorrência de uma falha no futuro.

2.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Existem cinco tipos de manutenção, a corretiva, a preventiva, a preditiva, a detectiva e a prática de engenharia de manutenção. A Manutenção Produtiva Total (TPM) e a Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM) não são tipos de manutenção, e sim, ferramentas que permitem a aplicação dos tipos de manutenção existentes (PINTO e XAVIER, 1999).

2.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Manutenção corretiva é aquela em que os consertos e reformas são realizados quando já existe um defeito ou tipo de falha nos equipamentos.

Segundo Souza (2007), compete à manutenção corretiva gerar as informações necessárias para a análise do funcionamento, da repetibilidade da falha e outros parâmetros sobre os equipamentos. Com estas informações principais, origina-se a manutenção corretiva.

A manutenção corretiva é classificada em dois tipos: a planejada e a não planejada. Na manutenção corretiva planejada as correções se fazem em função de um acompanhamento preditivo, detectivo, ou até pela decisão gerencial de se operar até a falha do equipamento. Já na manutenção corretiva não planejada a correção da falha é feita de maneira aleatória, ou seja, é a correção da falha ou desempenho menor que o esperado após a ocorrência do fato (XAVIER, 2013).

Para Xavier e Kardec (2009), quando a manutenção estiver no primeiro estágio, ou seja, reagindo aos acontecimentos, ela estará praticando Manutenção Corretiva não Planejada. Nesta situação, quem comanda a manutenção são os equipamentos. Nesta fase não se consegue inovar, não acontecem melhorias. É preciso dominar a situação, controlar a manutenção para que se possa, a partir deste ponto, introduzir as melhorias necessárias. Assim, deve-se primeiro controlar, analisar, diagnosticar e prever quais são os próximos passos, para depois poder inovar.

Este tipo de manutenção causa a parada da produção, gerando grandes prejuízos, pois causa uma redução da disponibilidade do equipamento, exige um estoque de sobressalente muito alto e um elevado tempo de máquina parada. No entanto esta técnica reduz a mão de obra de manutenção durante o funcionamento do equipamento, pois não exige um acompanhamento e inspeções nas máquinas. Isto permite o desenvolvimento de um histórico de repetibilidade das falhas durante determinados períodos, permitindo uma análise detalhada de suas causas.

2.1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Para Souza (2007), a manutenção preventiva é uma atividade técnica que tem como objetivo principal a prevenção da ocorrência de uma falha ou uma parada do equipamento por quebra, e também por apoiar a manutenção corretiva através de aplicações de uma metodologia de trabalho periódico, ou ainda a responsável pela intervenção que poderá interromper ou não a produção de uma maneira planejada e programada.

Muitos estudiosos da área consideram que manutenção preventiva nada mais é do que apenas uma evolução da manutenção corretiva, pois através das análises realizadas pode-se prever quando e porque as máquinas e equipamentos irão apresentar falhas durante um determinado período.

Este tipo de manutenção é baseada em intervenções determinadas por períodos, como horas, minutos, ciclos, kilômetros, e outros mais.

Pode-se estabelecer um plano de troca preventiva dos equipamentos, a fim de antecipar a falha deste, através de uma média da freqüência das falhas ou ações

corretivas já realizadas. No entanto esta troca preventiva pode gerar um custo alto, pois como não existe um acompanhamento do funcionamento do componente, este plano pode fazer com que haja a troca do equipamento estando o mesmo em plenas condições de uso.

Existem alguns planos preventivos para inspeções, onde um intervalo de tempo é determinado para que possa ser identificado se o equipamento apresenta alguma irregularidade.

Para que seja feito um plano de manutenção preventiva eficaz, são necessários alguns cuidados. A aplicação do equipamento em questão deve ser levada em consideração, pois um mesmo equipamento pode ter aplicações diferentes, diferenciando a vida útil deste.

Selecionar os componentes que irão fazer parte dos planos de troca preventiva também é importante, selecionando os que não podem ser monitorados e são de equipamentos críticos para a produção, tendo um histórico bastante consistente para a confiabilidade do plano.

De acordo com Branco (2008), não é aceitável usar apenas a manutenção preventiva sistemática quando você deve tomar medidas para aumentar a vida útil dos equipamentos, onde a empresa precisa aumentar a lucratividade e precisa reduzir seus custos.

Aqueles equipamentos que apresentam alto risco de acidentes também devem fazer parte do plano de manutenção preventiva, pois é a forma mais segura de garantir a integridade física dos operadores.

2.1.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Na gestão da manutenção, a manutenção preditiva é um dos métodos mais inovadores, pois possibilita o monitoramento e acompanhamento de desempenho do equipamento através de instrumentos que fornecem dados quantitativos dos componentes.

Segundo Souza (2007) é necessário que sejam criados parâmetros de falhas, como limites críticos, com o objetivo de comparar as medidas com estes limites para

realizar uma intervenção. Estes parâmetros podem inicialmente basear-se em normas preestabelecidas ou definidas pelo fabricante, porém o ideal é que estejam ajustados com o conhecimento adquirido e com o acompanhamento de cada equipamento nas instalações da empresa, ou em normas técnicas.

Um programa de manutenção preditiva indica as condições reais do funcionamento das máquinas com base em dados que informam seus desgastes ou processo de degradação. Estes dados possibilitam que o gerente de manutenção possa programar as atividades com uma segurança maior em termos de custo.

O mesmo programa preditivo pode minimizar o número de quebras inesperadas e assegurar que o equipamento reparado esteja em condições mecânicas aceitáveis. Este programa pode identificar problemas nas máquinas antes que se tornem sérios, visto que a maioria dos problemas mecânicos pode ser minimizada se forem detectados e reparados com antecedência.

Segundo Branco (2008), os procedimentos de manutenção determinados em consequência da monitoração é uma das formas mais eficientes e mais baratas de estratégia de manutenção em unidades industriais onde o custo da falha é grande.

Assim como na preventiva, a manutenção preditiva deve selecionar os equipamentos mais críticos da planta industrial. Por apresentar um alto custo de implantação, é fundamental priorizar os equipamentos que realmente tem mais necessidade deste tipo de serviço.

Diversas técnicas podem ser usadas para a manutenção preditiva. Conforme Almeida (2008), as técnicas específicas dependerão do tipo de equipamento, do seu impacto sobre a produção, do desempenho de outros parâmetros chaves da operação da planta industrial e dos objetivos que se deseja que o programa de manutenção preditiva atinja.

A manutenção preditiva tem como objetivos: predizer a ocorrência de uma falha ou degradação, determinar, antecipadamente, a necessidade de correção em uma peça específica, eliminar as desmontagens desnecessárias para inspeção, aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos para operação, reduzir o trabalho de emergência e urgência não planejada, impedir a ocorrência de falhas e o aumento dos danos. Assim é possível aproveitar a vida útil total de cada componente e de um

equipamento, e garantir uma redução de custos de manutenção, com isto aumentando a produtividade.

2.1.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA

Manutenção detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (PINTO e XAVIER, 1999).

A vantagem neste tipo de manutenção é que o sistema pode ser verificado quanto à existência de falhas ocultas sem tirá-lo de operação, podendo corrigi-las com o sistema em operação.

A desvantagem é a necessidade de profissionais treinados e com habilitação para execução do serviço.

2.1.5 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

É aquela onde não se conserta continuamente o equipamento ou máquina, tentando detectar as causas básicas, melhorando momentaneamente o desempenho do equipamento e danando os problemas crônicos. A Engenharia de Manutenção procura resolver definitivamente uma determinada pane introduzindo modificações. Se uma pane ocorre com frequência, estudam-se as possíveis causas e realizam-se serviços que resultem em uma modificação do componente e eliminação daquela pane.

A Engenharia de Manutenção utiliza os dados obtidos nas manutenções para melhorar sempre (PINTO e XAVIER, 1999).

2.2 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Total Productive Maintenance (TPM), ou Manutenção Produtiva Total, é uma ferramenta que envolve um novo conceito para a manutenção de fábricas e equipamentos. O objetivo do programa TPM é aumentar consideravelmente a produção, e ao mesmo tempo, a moral dos funcionários e sua satisfação no trabalho. A

TPM propõe a atividade da manutenção produtiva com a participação de todos os funcionários da empresa, desde o nível de presidente até o operário.

A Manutenção Produtiva Total surgiu no Japão por volta de 1971, através da cristalização de técnicas de manutenção preventiva, manutenção do sistema de produção, prevenção da manutenção e engenharia de confiabilidade, visando a falha zero, quebra zero das máquinas, bem como o defeito zero nos produtos e perda zero no processo.

De acordo com o Instituto Japonês de Engenharia de Fábrica (JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*), define-se TPM como um termo base de uma estratégia de manutenção projetada para maximizar a eficiência dos equipamentos por estabelecer um compreensivo sistema de manutenção da produção cobrindo toda a vida útil dos equipamentos, controlando todos os campos relacionados aos equipamentos e o que está envolvendo cada um deles.

A TPM objetiva buscar a máxima eficiência do sistema de produção eliminando todas as perdas, maximizando o ciclo total de vida útil dos equipamentos, abrangendo todos os departamentos da empresa e envolvendo todos os funcionários.

Portanto, descreve-se todo o relacionamento da sinergia entre as funções organizacionais e assim promovendo a manutenção produtiva por meio de um gerenciamento motivacional e voluntário em pequenos grupos de atividades (SHARMA ET AL., 2006).

Essas atividades de aperfeiçoamento dos equipamentos são chamadas de Manutenção Produtiva. A evolução desta manutenção aconteceu por meio da interação de operadores e técnicos de manutenção em trabalhos de equipe, com o objetivo de resolverem juntos os problemas dos equipamentos.

A TPM é utilizada, atualmente, em diversas empresas em todo o mundo para melhorar a capabilidade de seus equipamentos e atingir metas para a redução de desperdícios, incluindo restauração e manutenção de condições padrão de operação. A metodologia TPM também promove melhorias no sistema do equipamento, procedimentos operacionais, manutenção e desenvolvimento de processos para evitar problemas futuros.

Para medir as melhorias implementadas pela metodologia TPM, um dos métodos utilizados é o indicador OEE. A utilização do OEE permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. Estas análises das condições ocorrem a partir da identificação das perdas existentes em ambiente fabril, envolvendo índices de disponibilidade de equipamentos, *performance* e qualidade (SANTOS, 2007).

2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO

Os indicadores são ferramentas básicas para o gerenciamento do Sistema Organizacional e as informações que fornecem são essenciais para o processo de tomada de decisão. Podem ser obtidos durante a realização de um processo ou ao seu final.

Durante muito tempo, os relatórios financeiros foram utilizados como base para medidas de desempenho de um sistema de manufatura. Com o passar do tempo, foi comprovado que estes sistemas são inadequados para empresas que necessitam a medição de diversos fatores com o objetivo de obter vantagem competitiva no mercado (WALKER, 1996).

O indicador é definido como um valor quantitativo realizado ao longo do tempo (uma função estatística) que permite obter informações sobre características, atributos e resultados de um produto ou serviço, sistema ou processo.

Indicadores geralmente são compostos por um valor numérico, um referencial comparativo e as metas. O valor numérico do indicador é uma relação matemática e, num determinado momento é denominado índice. O referencial comparativo é um índice arbitrado ou convencionado para o indicador, utilizado como padrão de comparação. As metas são os índices arbitrados para os indicadores, a serem alcançados num determinado período de tempo. São pontos ou posições a serem atingidos no futuro.

A medição de desempenho tradicional é baseada em indicadores que representam a utilização eficiente de recursos, como o OEE (Eficiência Global do

Equipamento) e o TEEP (Produtividade Efetiva Total dos Equipamentos). Bons índices nestes indicadores são constantemente perseguidos (SOUZA; PIRES, 1999).

Com o objetivo de traduzir o comportamento dos componentes do processo produtivo, os indicadores de desempenho representam numericamente algumas informações da planta, possibilitando uma análise mais detalhada do processo. A partir da correta utilização destes índices, é possível calcular a capacidade produtiva que está sendo perdida, decorrente da ineficiência do processo como um todo, assim como identificar quais componentes são responsáveis por estas ineficiências.

2.3.1 Dados Utilizados para Calcular os Indicadores de Desempenho

As informações extraídas do processo produtivo são essenciais para a realização dos cálculos dos indicadores. O cálculo correto dos indicadores de desempenho é um elemento decisivo para que sua análise possa ser convertida em uma melhoria para o processo produtivo. Assim, essas informações devem ser corretamente classificadas. Hansen (2002) define diversos termos que são utilizados na apresentação das fórmulas de cálculos. Estas definições e seus respectivos significados estão apresentados a seguir:

- Utilização do Ativo ⇨ Percentual de tempo total (calendário) no qual o equipamento está ocupado;
- Parada Não Programada (DT – *Downtime*) ⇨ Todos os eventos que ocasionam paradas não-programadas do equipamento. Devem ser classificados conforme segue:
  - → DT Técnica ⇨ Parada não programada por falha no equipamento que afeta a máquina ou o processo, incluindo equipamentos; falhas de equipamento por erros de manutenção ou ocasionadas por sujeira ou arranhões no equipamento.
  - → DT Operacional ⇨ Parada não-programada causada pela não observação de procedimentos operacionais; operações fora das especificações; erros do operador.

→ DT Qualidade ⇨ Parada não-programada causada por suprimentos e matérias-primas fora das especificações; problemas de controle de processo; testes não planejados; produtos não manufaturáveis e sujeira oriunda do produto ou processo.

- Tempo Excluído ⇨ Este é, normalmente, o tempo programado para não produzir. Ele inclui as paradas programadas (manutenção preventiva e paradas temporárias planejadas com pelo menos uma semana de antecedência); reuniões programadas; tempo de teste (se o produto não for vendido); treinamento planejado (se não é feito produto), tempo livre como férias e “falta de programação de produção”. Esse tempo deve também incluir tempo não planejado quando os pedidos são concluídos mais cedo devido a uma boa *performance*. A boa *performance* não deve prejudicar o valor do OEE.
- Tempo de Ciclo Ideal ou Taxa Teórica ⇨ Também chamado de Taxa de Velocidade Ideal. É o tempo de ciclo previsto para que determinado equipamento consiga produzir determinado produto. Este tempo varia de acordo com o produto desejado e de acordo com a complexidade em se produzir este produto em cada equipamento.
- Tempo de Carga ⇨ Também chamado de Tempo Planejado ou Programado para Produção. É o tempo no qual as operações regulares pretendem produzir. Inclui todos os eventos comuns para atingir as programações de entrega, como troca de produto ou transições; *setups*; transferência de informações; todo o tempo de operações e as interrupções não planejadas para o equipamento, pessoas, qualidade e testes.
- Quantidade de Produtos Bons ⇨ É o total de produtos que atendem as especificações. Essa conta não deve incluir o volume que está embargado ou pode ser condenado. O produto que é transferido e classificado posteriormente como *No Good* (Fora das Especificações) deve ser incluído no Desperdício. Não obstante, se a perda tiver uma causa específica, ela deve ser registrada nas Observações como desperdício.

- Perda de Velocidade ⇨ É a redução percentual da velocidade, para a qual o equipamento foi projetado, ocasionada pela produção de determinado produto fora das especificações. Ela representa a diferença entre o tempo teórico para a taxa ou ciclo e o tempo real utilizado para produzir.
- Tempo de Parada (ST – *Stop Time*) ⇨ É o tempo em que o equipamento permanece parado. Pode ser planejado ou não, e deve ser classificado de acordo com o motivo, em Paradas Operacionais ou Induzidas.
  - → ST Operacional ⇨ Tempo de parada planejada. Inclui ações operacionais como paradas para troca de produto e mudanças de tamanho, bem como testes-padrão, carregamento de material planejado e recebimento de documentação.
  - → ST Induzido ⇨ Tempo de parada não planejada, quando a linha de produção para por razões externas (não relacionadas com a máquina), como falta de matérias-primas e suprimentos; falta de pessoal, falta de informações e reuniões não planejadas.
- Tempo Teórico de Operação ⇨ É o tempo mínimo para produzir uma determinada quantidade de bons produtos. Ele é igual à quantidade de produtos bons produzidos, dividida pelo tempo de ciclo ideal.
- Tempo Operacional ⇨ Também chamado de *Runtime* ou *Uptime*. É a porção do tempo de carga no qual o sistema está realmente produzindo.
- Taxa de Qualidade ⇨ É a quantidade de produtos bons dividida pela quantidade total de produtos fabricados. Pode ser medida por itens: pés/metros quadrados; pés/metros cúbicos; galões; etc.
- Desperdício ⇨ É a taxa de desperdício total de um processo normal. Pode incluir desperdício estrutural; desperdício por incidentes; desperdício por testes e desperdícios por trabalho. O desperdício não planejado gerado durante a operação do equipamento deve ser detectado aqui, com a indicação da causa raiz do incidente. (Nota: as empresas frequentemente não incluem o desperdício estrutural para evitar o conhecimento de sua existência).

2.3.2 OEE *(Overall Equipment Effectiveness)*

Eficiência Global dos Equipamentos (OEE – *Overall Equipment Effectivenees*) é uma ferramenta utilizada para medir as melhorias implementadas pela metodologia TPM. O OEE permite que as empresas façam uma análise das reais condições da utilização de seus ativos. Estas análises das condições ocorrem a partir da identificação das perdas existentes em ambiente fabril, envolvendo índices de disponibilidade de equipamentos, *performance* e qualidade.

Concebido no Japão em 1971 e levado aos Estados Unidos por Nakajima em 1989, este indicador representa a taxa entre o que é produzido efetivamente e o volume teórico de produção e é normalmente representado em notação percentual. O OEE teve origem na TPM, Nakajima desenvolveu-o como meio de quantificar não apenas o desempenho dos equipamentos, mas também como métrica da melhoria contínua dos equipamentos e processos produtivos.

Segundo Sheu (2006), o OEE tem sido considerado um indicador definitivo para medida de desempenho de equipamentos. Este indicador é amplamente conhecido e utilizado.

A medição da eficácia global dos equipamentos pode ser aplicada de diferentes formas e objetivos. Segundo Jonsson e Lesshammar (1999), o OEE permite indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias bem como pode ser utilizado como *benchmark*, permitindo quantificar as melhorias desenvolvidas nos equipamentos, células ou linhas de produção ao longo do tempo.

De acordo com Nakajima (1989), o OEE é uma medição que procura revelar os custos escondidos na empresa. Ljungberg (1998) afirma que, antes do advento desse indicador, somente a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que resultava no superdimensionamento de capacidade.

Para Hansen (2002), um equipamento com OEE inferior a 65%, apresenta um fator de desperdício de capacidade produtiva muito elevado, impactando diretamente na lucratividade da empresa. São considerados muito bons, valores entre 75% e 85%, embora 85% seja um valor mínimo definido para o nível Classe Mundial.

2.3.2.1 CÁLCULO DO OEE POR NAKAJIMA (1989)

O OEE é um indicador que mede o desempenho de uma forma "tridimensional" pois tem em consideração:

- Quanto tempo útil o equipamento tem para funcionar/produzir;
- A eficiência demonstrada durante o funcionamento, isto é a capacidade de produzir à cadência nominal;
- A qualidade do produto obtida pelo processo em que o equipamento está inserido.

O cálculo do OEE é feito através das grandes perdas descritas pela TPM. Obtém-se os índices de disponibilidade, *performance* operacional e de qualidade através de suas perdas, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2: Quadro das perdas utilizadas para o cálculo do OEE

Fonte: Adaptado de Hansen (2002)

Inicialmente, baseado em folha de dados de produção, ou então nos dados coletados por um sistema de informações *on-line*, deve ser calculado o tempo de carga de acordo com a equação 01.

$$\text{Tempo de Carga} = \text{Tempo Total} - \text{Tempo Excluído} \qquad (01)$$

Logo após calcula-se o fator de disponibilidade, equação (02). Este é um indicador importante, pois informa o percentual de tempo que o equipamento esteve disponível para operação.

$$\text{Disponibilidade}(\%) = \frac{\text{Tempo de Carga} - \Sigma\text{Paradas}}{\text{Tempo de carga}} \qquad (02)$$

Feito isto, realiza-se o cálculo do tempo de ciclo real, conforme equação (03), o qual é determinado pela razão entre o tempo de operação e o volume produzido.

$$\text{Tempo de Ciclo Real}(\%) = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Volume Produzido}} \qquad (03)$$

Depois, determina-se a taxa de velocidade operacional, equação (04), que indica o percentual da velocidade ideal em que a máquina efetivamente operou. Este valor deve ser armazenado para análises futuras, pois também representa um fator importante para análise do equipamento e permite adequar as expectativas de prazo de entrega com relação a ordens de serviço.

$$\text{Taxa de Velocidade Operacional}(\%) = \frac{\text{Tempo de Ciclo Teórico}}{\text{Tempo de Ciclo Real}} \qquad (04)$$

É necessário também o cálculo da eficiência em *performance*, equação (05), que é numericamente igual à taxa de velocidade operacional.

$$\text{Eficiência de Performance}(\%) = 1 * \text{Taxa de Velocidade Operacional} \qquad (05)$$

Assim, calcula-se a taxa de qualidade dos produtos produzidos de acordo com a equação (06), considerando a razão entre as unidades boas produzidas e o total de unidades produzidas. Este valor deve ser utilizado como um indicador de desempenho, pois possibilita mensurar se o equipamento é compatível com a tarefa de produzir determinada peça. No caso de um equipamento possuir um baixo índice de qualidade, deve-se verificar as causas desta baixa de qualidade e procurar corrigi-las.

$$\text{Taxa de Qualidade}(\%) = \frac{\text{Unidades Boas Produzidas}}{\text{Total de Unidades Produzidas}} \quad (06)$$

Feito isto, finalmente obtém-se o OEE através do produto entre a disponibilidade, eficiência em *performance* e a taxa de qualidade, conforme a equação (07), obtendo-se desta forma um indicador que considera diversos fatores de eficiência e permite uma comparação entre equipamentos.

$$\text{OEE}(\%) = \text{Disponibilidade} * \text{Eficiência de Performance} * \text{Taxa de Qualidade} \quad (07)$$

Em um primeiro momento, a multiplicação dos três índices constituintes do OEE pode não parecer correta. Ao se avaliar, por exemplo, um equipamento que tenha uma capacidade teórica de 1000 peças/hora e que apresente uma disponibilidade de 60%, uma *performance* operacional de 60% e um índice de qualidade de 60%, pode-se ficar tentado a afirmar que esse equipamento tem um OEE de 60% e, portanto, uma capacidade de 600 peças/hora.

Entretanto, considerando-se que este equipamento trabalha apenas 60% do tempo disponível para operação, equivale dizer que a sua produção cai de 1000 peças/hora para 600 peças/hora. Se essas 600 peças/hora são produzidas a uma velocidade de 60% da velocidade teórica, equivale a dizer que sua produção atinge 360 peças/hora. Se dessas 360 peças/hora apenas 60% das peças são boas, equivale a dizer que a capacidade final de produção é de 216 peças/hora, ou seja, um OEE de 21,6%.

2.3.2.2 IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS

Após o calculo do OEE ter sido efetuado, é necessário identificar as perdas, pois essa identificação possibilitará a implementação de melhorias (BASTOS JR, 2007).

Para calcular o percentual produtivo perdido em função do desperdício, é necessário inicialmente determinar o tempo perdido para produzir peças defeituosas, e esse cálculo pode ser efetuado utilizando a equação (08).

$$\text{Tempo Teórico Perdido por Qualidade} = \frac{\text{Total de Unidades com Problemas}}{\text{Velocidade Operacional}} \quad (08)$$

Depois, baseado no valor de tempo perdido por qualidade, deve-se calcular o percentual de capacidade perdida em função do desperdício por meio da equação (09).

$$\text{Perda por Desperdício (\%)} = \frac{\text{Tempo Teórico Perdido por Qualidade}}{\text{Tempo Programado}} \quad (09)$$

Em seguida, calcula-se o percentual do total de perdas por velocidade utilizando-se a equação (10).

$$\text{Perda por Velocidade (\%)} = \frac{\Sigma(1 - \text{Vel. de Operação}) * \text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo Programado}} \quad (10)$$

Calcula-se, então, o percentual perdido em função de paradas operacionais planejadas, conforme a equação (11).

$$\text{Perda por Parada Operacional (\%)} = \frac{\Sigma \text{ Tempo de Parada Operacional}}{\text{Tempo Programado}} \quad (11)$$

Posteriormente, deve-se calcular o percentual perdido em funcao das paradas induzidas, utilizando a equação (12).

$$\text{Perda por Parada Induzida (\%)} = \frac{\Sigma \text{Tempo de Parada Induzida}}{\text{Tempo Programado}} \quad (12)$$

Por fim, calcula-se as perdas em função das paradas não programadas, de ordem técnica, operacional e de qualidade, conforme a equação (13).

$$\text{Perda por Parada Não Planejada(\%)} = \frac{\Sigma \text{Tempo Parada Não Planejada}}{\text{Tempo de Programado}} \quad (13)$$

Quando efetuada a soma do OEE obtido com o total de perdas encontradas, deve-se encontrar o valor um, ou seja, 100% do tempo de produção. Isto indica que foram encontrados todos os pontos onde existiram perdas de produtividade operacional, e desta forma, tem-se uma identificação completa do que ocorreu com o equipamento ou processo durante aquele período produtivo.

O conceito destes indicadores de desempenho foi criado inicialmente para equipamentos, mas podem ser estendidos a células, subsistemas e até mesmo linhas inteiras de produção. Naturalmente para uma análise mais precisa é necessário o cálculo tanto para o subsistema quanto para cada equipamento que o compõe (BASTOS JR, 2007).

2.3.2.3 METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

A implementação de um sistema OEE requer uma avaliação prévia das necessidades, definição de objetivos a atingir e a montagem de um plano de implementação.

Deve ser considerado um projeto de empresa e não como “mais uma moda” que vai criar mais burocracia no chão de fábrica. A metodologia e recursos a utilizar irão depender da dimensão da fábrica e do seu grau de automatização.

Em fábricas com linhas automáticas ligadas a sistemas informáticos de controle do processo, deve encarar-se o investimento em programas informáticos dedicados ao

OEE ou o desenvolvimento de um programa OEE no próprio sistema de controle do processo. As grandes vantagens de um programa OEE integrado são:

- Possibilitar em “tempo real” monitorar a eficácia dos equipamentos individuais e das linhas de processo em que eles estão inseridos
- Minimizar o trabalho administrativo com o OEE
- Garantir a fiabilidade dos dados
- Permitir tomar ações corretivas mais rapidamente
- Possibilitar a divulgação dos resultados *“on line”* para vários níveis da empresa

Em unidades fabris com equipamentos discretos conduzidos por operadores e em células de manufatura/montagem, faz todo o sentido implementar um sistema baseado em registros manuais em papel, complementados com ferramentas clássicas de cálculo e geração de gráficos como são as folhas de cálculo (por exemplo MS Excel®).

Em qualquer dos casos a divulgação dos resultados do OEE, a sua evolução temporal e o acompanhamento das ações corretivas e de melhoria, deverá ser feita por sistemas visuais, colocados junto dos equipamentos.

Um projeto OEE compreende as seguintes fases:

- Identificação de necessidades e definição de objetivos
- Definição conceitual
- Planejamento do projeto
- Aquisição ou criação dos meios
- Formação e treinamento dos operadores, supervisores e gestores
- Implementação piloto em equipamento(s) selecionado(s)
- Implementação alargada a todos os equipamentos da fábrica
- Melhoria permanente e contínua do OEE

3 SISTEMA DE MANUFATURA

Sistemas de manufatura podem ser definidos como o a junção de equipamentos e os recursos humanos. Estes possuem a função de executar operações de

processamento a fim de alcançar um produto final, seja uma peça que abastecerá outro sistema ou o próprio produto destinado ao mercado. Nos equipamentos citados, estão presentes as máquinas e ferramentas de produção, sistemas de informações e controle, e dispositivos de manuseio e posicionamento de material ou trabalho. Os recursos humanos podem ser requisitados de duas formas diferentes, em tempo integral, a qual é necessária a presença humana durante todo procedimento de produção, ou de forma periódica, na qual este acompanhamento é necessário em intervalos de tempo.

A agregação de valor em um sistema de manufatura acontece no produto em si, respeitando metas e objetivos a serem alcançados. Agostinho (1995) define manufatura de bens como: "um sistema que integra seus diferentes estágios necessitando de dados de entrada definidos para se obter resultados esperados". A figura a seguir representa um sistema de manufatura em seu modelo conceitual.
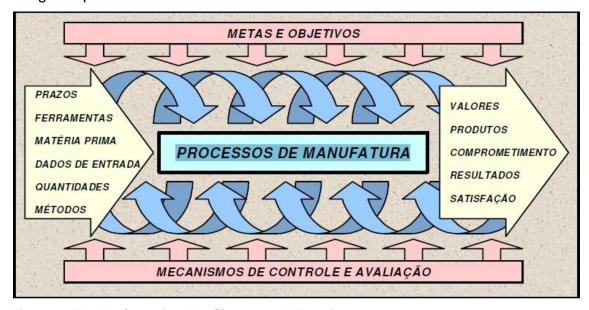
Figura 3: Modelo Conceitual de Sistemas de Manufatura

Fonte: Adaptado de Georges (2001)

3.1 MÁQUINAS DE PRODUÇÃO

A utilização de máquinas de produção ou ferramentas auxiliares, as quais realizam tarefas de processamento ou montagem, é intrínseca na grande maioria dos sistemas de manufatura modernos.

As máquinas no sistema produtivo podem ser classificadas em relação a participação do operador em seu ciclo de funcionamento. Desta maneira é possível dividir em três grupos distintos:

a) Operadas manualmente;

b) Semiautomatizadas;

c) Totalmente automatizadas.

Groover (2011) ilustra na Figura 04 os três tipos encontrados de máquinas.
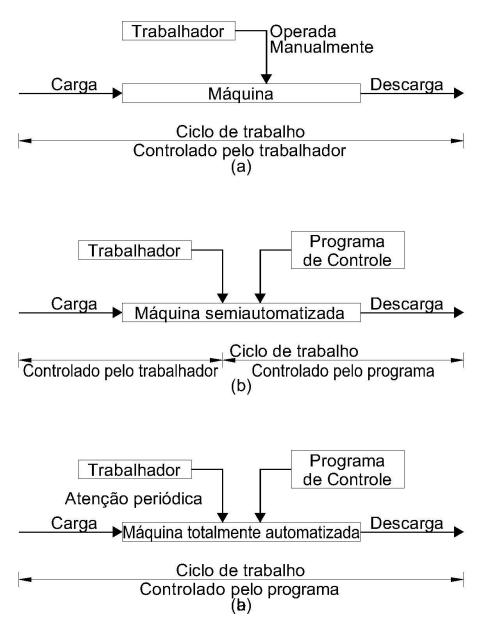
Figura 4: Os 3 Tipos de Manufatura

Fonte: Adaptado de Groover (2011)

Nas máquinas operadas manualmente, a presença do trabalhador deve ser constante, pois este é responsável pelo controle, alimentação, posicionamento e carga/descarga do equipamento. A máquina somente fornece a força para a realização da tarefa.

O operador de máquinas do grupo das semiautomatizadas é necessário somente em parte de seu ciclo de trabalho. Estes equipamentos realização suas tarefas através de um programa de controle, e o trabalhador é necessário nas etapas restantes do ciclo, como, por exemplo, carga e descarga.

No último caso, em que as máquinas são totalmente automatizadas, a presença humana é necessária somente em situações extraordinárias de seu funcionamento, como, por exemplo, falta de matéria prima. O equipamento possui a capacidade de realizar diversos ciclos de trabalho sem a constante atenção do operador, deixando este livre para se dedicar a outras funções dentro do sistema de manufatura.

É comum o emprego do termo "estação de trabalho" como referência a um local físico dentro do sistema de manufatura, onde uma determinada operação é realizada, seja ela necessária a qualquer dos três tipos citados de máquinas e seus operadores. Um sistema pode possuir uma ou mais estações de trabalho. No caso de haver mais de uma, este recebe um nome dependendo de sua configuração ou função, como, por exemplo, linha de produção ou linha de montagem, vastamente utilizadas no setor automobilístico.

3.2 LINHA DE MONTAGEM E FALHAS

Conforme Askin & Standridge (1993), uma linha de montagem é um conjunto de estações de trabalho sequencialmente dispostas, normalmente interligadas por um sistema contínuo de movimentação de materiais, e projetada para montar componentes e realizar qualquer operação necessária à obtenção de um produto acabado.

Devido ao fato de ser um sistema sequencial, falhas em um equipamento ou máquina, podem ocasionar um bloqueio nas operações anteriores ou ociosidade em operações posteriores, prejudicando a produção e trazendo prejuízos à empresa.

Assim, é necessária a determinação da eficiência de uma linha e de suas máquinas considerando parâmetros de manutenção.

4 SISTEMA DE SUPERVISÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS

4.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

O termo automação descreve um conceito amplo, envolvendo um conjunto de técnicas de controle, das quais é criado um sistema ativo, capaz de fornecer a melhor resposta em função das informações que recebe do processo em que está atuando. Dependendo das informações, o sistema calculará a melhor ação corretiva a ser executada (WEG, 2002).

Entende-se também por automação, qualquer sistema, apoiado em computador ou equipamento programável, que remova o trabalhador de tarefas repetitivas e que vise soluções rápidas e econômicas para atingir os objetivos das indústrias.

As máquinas foram gradativamente evoluindo, tornando-se cada vez mais independentes do controle humano, assumindo tarefas e tomando decisões.

A princípio, esta evolução se deu por meio de dispositivos mecânicos, hidráulicos e pneumáticos, mas, com a sofisticação da eletrônica, estes dispositivos foram sendo substituídos aos poucos, de tal modo que, hoje a microinformática assumiu o papel da produção automatizada. A partir de então, o homem instrui um processador de informações, utilizado técnicas de inteligência artificial, materializadas pelos sistemas computadorizados, que passa a desenvolver tarefas complexas e tomar decisões rápidas para controle do processo.

Deste modo, a automação industrial passou oferecer e gerenciar soluções desde o nível de chão de fábrica e volta o seu foco para o gerenciamento da informação.

Assim, o grau de complexidade de um sistema de automação pode variar bastante. Os sistemas mais simples ainda mantêm uma forte participação do homem no processo. Os sistemas mais sofisticados basicamente dispensam a interferência do homem, a não ser como gerenciador do processo.

Segundo Silveira & Santos (2002), “todo o sistema dotado de retroação e controle implica na presença de três componentes básicos, cuja principal característica é a realimentação para que seja feito o controle”. Esses componentes básicos são:

4.2 CLP

A Engemo utiliza o CLP Siemens S7-1200. Este equipamento possui *inputs* para que haja o sensoriamento o qual é utilizado para detectar as falhas e a medição de valores para o desenrolar do processo. O *software* da Siemens para a programação, denominado TIA v.11, possui blocos os quais serão utilizados para a contagem de valores como tempos de parada, tempo de operação, disponibilidade e produtos bons. Esses valores são armazenados em memórias, os quais são transmitidos para o computador embutido. Neste computador está embutido um software programado em Visual Basic, que fará o cálculo do indicador OEE, e será exposto em forma de gráfico na IHM.

A tabela abaixo mostra a lista de memórias que são utilizadas:

Memórias PC para CLP	
pc_CG_TEMPO_CARGA	Tempo de Carga de Gás
pc_CG_VOLUME	Volume de Carga de Gás
pc_EVACUACAO_V1	Valor da Evacuação 1 setado no PC
pc_EVACUACAO_V2	Valor da Evacuação setado no PC
pc_OPERADOR	Indica Operador Logado na Aplicação
pc_P1_DELTA	Valor da Variação de Pressão da Pressurização 1 setado no PC
pc_P1_PRESSAO	Valor da Pressão da Pressurização 1 setado no PC
pc_P1_TEMPO	Valor do Tempo da Pressurização 1 setado no PC
pc_P1_TEMPO_TESTE	Valor do Tempo de Teste da Pressurização 1 setado no PC
pc_P2_DELTA	Valor da Variação de Pressão da Pressurização 2 setado no PC
pc_P2_PRESSAO	Valor da Pressão da Pressurização 2 setado no PC
pc_P2_TEMPO	Valor do Tempo da Pressurização 2 setado no PC
pc_P2_TEMPO_TESTE	Valor do Tempo de Teste da Pressurização 2 setado no PC
pc_PRESSURIZACAO_P1	Valor da Presurização 1 setado PC
pc_PRESSURIZACAO_P2	Valor da Pressurização 2 setado no PC
pc_V1_DELTA	Valor do Variação de Vácuo da Evacuação 1 setado no PC
pc_V1_TEMPO	Valor do Tempo da Evacuação 1 setado no PC
pc_V1_TEMPO_TESTE	Valor do Tempo de Teste de Vácuo 1 setado no PC

pc_V1_VACUO	Valor do Vácuo da Evacuação 1 setado no PC
pc_V2_DELTA	Valor do Variação de Vácuo da Evacuação 2 setado no PC
pc_V2_TEMPO	Valor do Tempo da Evacuação 2 setado no PC
pc_V2_TEMPO_TESTE	Valor do Tempo de Teste de Vácuo 2 setado no PC
pc_V2_VACUO	Valor do Vácuo da Evacuação 2 setado no PC
Memórias CLP para PC	
PC_PASSO	Valor das etapas do processo
PC_FALHA_PROCESSO	Valor da falha de processo ocorrida
PC_FALHAS_EQUIPAMENTO	Valor da falha de equipamento ocorrida
PC_STATUS	Diagnóstico do processo (aprovado,reprovado ou cancelado)
PC_PRESSAO	Valor da pressão durante o processo
PC_VOLUME	Valor do volume abastecido
PC_VACUO	Valor de vacuo durante o processo
PC_GRAVA_DADOS	Autorização para gravação de dados ao fim do processo

Tabela 1: Lista de Memórias
Fonte: Autoria Própria

4.3 INTERFACE HOMEM MÁQUINA

Os dispositivos IHM (Interface Homem Máquina) podem ser definidos como um canal de comunicação entre o homem e o computador, pelo qual interagem, visando atingir um objetivo comum, através de comandos de controle do usuário juntamente com as respostas do computador, constituídos por sinais (gráficos, acústicos e tácteis).

De forma sucinta, é a parte de um sistema computacional em que uma pessoa entra em contato físico, perceptual e conceitual com o sistema abordado.

Para ser realizado o lançamento das informações referentes às paradas e intervenções nas máquinas utiliza-se a IHM, a qual interpreta cada entrada por meio de uma codificação numérica que está armazenada em um banco de dados da interface. Assim, quando existe uma intervenção da manutenção no equipamento, o operador registra um código numérico específico que descreve a intervenção da manutenção realizada no momento. Esta informação digitada é armazenada dentro do banco de dados da IHM, a qual imediatamente processa e disponibiliza este conteúdo através de gráficos e planilha para o usuário, fornecendo noções como o tempo de parada da máquina, descrição do tipo de parada, qual manutentor realizou a manutenção, e também gráficos do indicador OEE.

A Figura 6 mostra a IHM utilizada.

Figura 5: IHM utilizada no projeto
Fonte: Engemo Fluid Solutions

Esta IHM é um Painel PC, um sistema embutido com monitor LCD, equipado com um processador e memória, o que permite a realização do tratamento e armazenamento dos dados na própria interface, descartando assim o uso de um servidor PC para este fim.

5 MÁQUINA ABASTECIMENTO AR CONDICIONADO

O projeto foi desenvolvido e constituído utilizando uma plataforma de automação baseada em controlador S7–1200, com hardware local para controles de comando. A Figura 7 apresenta a arquitetura de automação do projeto.
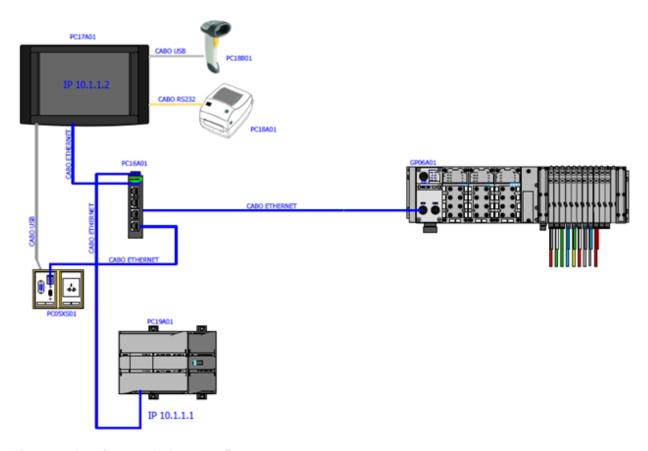
Figura 6: Arquitetura de Automação

Fonte: Engemo Fluid Solutions

O equipamento realiza 10 etapas sequenciais de processo, para o enchimento total e seguro de ar condicionado do veículo, a saber:

- Repouso;
- Primeiro Teste de Pressão do Cilindro;
- Primeira Pressurização;
- Primeiro Teste de Pressão;
- Primeira Despressurização;
- Primeira Evacuação;
- Primeiro Teste de Estanqueidade;
- Segunda Evacuação;
- Carga de Gás Refrigerante;

Fim de Processo;

A Figura 8 mostra a descrição dos elementos de comando principais:

Seletor Liga/Desliga Comando

Seleção Manual Automático

Botão de Emergência

Chave Geral

By Pass Parada de Linha

Reset de Falhas

ABASTECIMENTO AR CONDICIONADO

Figura 7: Descrição Equipamentos Principais

Fonte: Egemo Fluid Solutions

5.1 PROGRAMAÇÃO DO EQUIPAMENTO

No momento em que o programa do PC é carregado, é necessário que seja selecionado o usuário e senha que darão acesso ao funcionamento e operação do equipamento.

Para isto basta selecionar o nome de usuário na coluna “Usuários” à direita da Figura 9, e em seguida digitar a senha numérica seguida da tecla “Confirmar”.

Figura 8: Tela Controle de Usuários

Fonte: Engemo Fluid Solutions

5.1.1 STATUS

A Figura 10 mostra a interface principal da IHM, onde mostra os dados em tempo real, quando a máquina está em processo de abastecimento, e também contém os principais botões que serão usados pelo usuário.
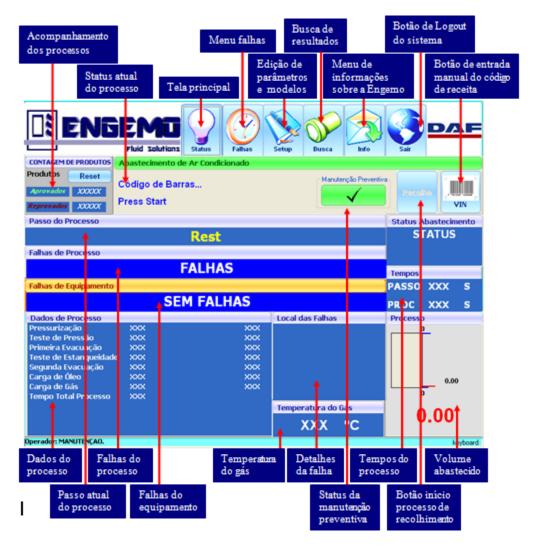
Figura 9: Interface Principal da IHM

Fonte: Engemo Fluid Solutions

5.1.2 FALHAS DE EQUIPAMENTO E PROCESSO

Para a visualização das falhas de processo, deve-se clicar nas opções falha de processo ou falha de equipamento, mostradas na Figura 11.

Basta selecionar um dos eventos de falhas ocorridas, que aparecerá logo abaixo um descritivo de sugestões de origem e ações corretivas para as falhas. Estas falhas estarão registradas junto ao banco de dados, para que ao longo do tempo a Engemo possa avaliar seu equipamento e o funcionamento do mesmo.
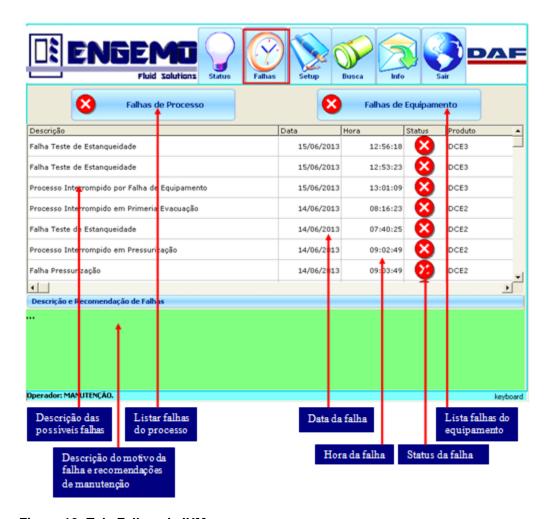
Figura 10: Tela Falhas da IHM

Fonte: Engemo Fluid Solutions

5.1.3 PARÂMETROS DO PROCESSO

Os equipamentos dispõem de uma série de parâmetros de processo, os quais definem todos os tempos e níveis de pressão que compõem o processo, de acordo com os passos vistos anteriormente.
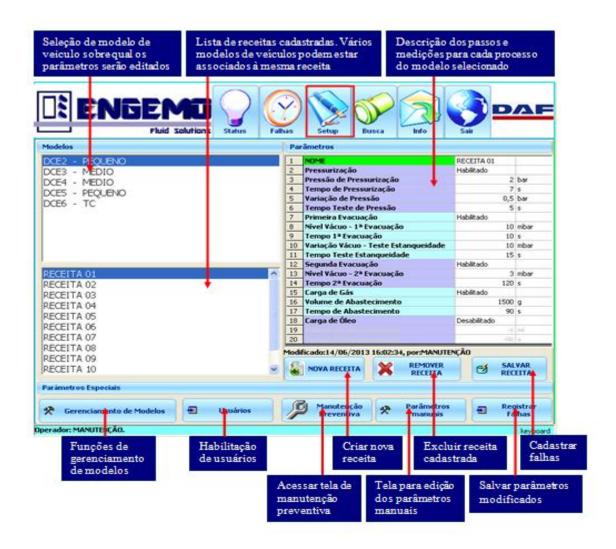
Figura 11: Parâmetros do Processo

Fonte: Engemo Fluid Solutions

5.1.4 BUSCA DE RESULTADOS

Junto ao equipamento, no aplicativo principal, podemos realizar buscas de dados de produtos específicos de várias formas, sendo que é possível usar quaisquer e quantos argumentos de pesquisa forem necessários para encontrar os produtos em questão. A Figura 13 ilustra essa tela de busca de resultados.
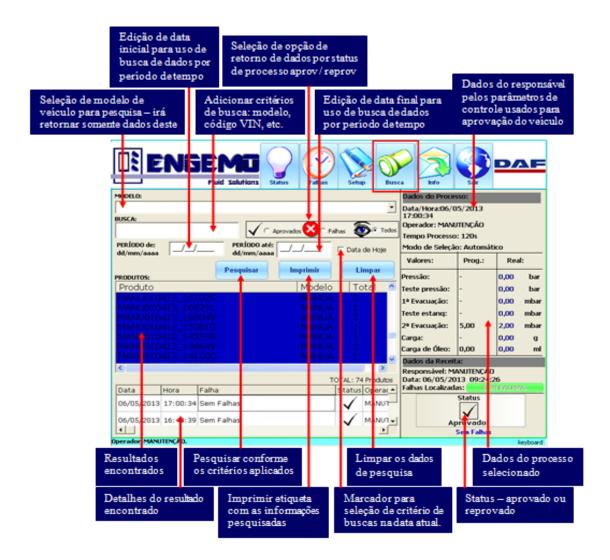
Figura 12: Tela de busca de resultados

Fonte: Engemo Fluid Solutions

5.1.5 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A máquina é alimentada por diferentes fluidos, e para isso possui vários elementos filtrantes para que o funcionamento das bombas e até mesmo a chegada do gás refrigerante ao veículo estejam em perfeita ordem.

Para isso será implantado um recurso de cadastro de manutenção preventiva, onde ao se cadastrar uma manutenção, definindo seu período, o mesmo avisará na data prevista para ser realizada.

Existem duas maneiras de se acessar a tela de Manutenção Preventiva. A primeira é selecionando o botão existente na tela inicial de *Status* quando o mesmo estiver vermelho, sinalizando que existem manutenções pendentes. Quando não há necessidade de manutenção o botão permanecerá verde.

Ao clicar no botão vermelho de manutenção a janela da Figura 14 será exibida mostrando ao operador os passos para realização da manutenção. São mostradas todas as manutenções ativas e inativas, assim como a descrição das instruções da manutenção selecionada, seguidas por suas respectivas fotos instrutivas. As manutenções pendentes estarão na lista de Manutenções Preventivas Ativas. O operador, ao selecionar uma destas manutenções, é questionado se quer mesmo iniciar o processo por meio de um aviso na tela conforme Figura 15.

A operação consiste então em selecionar uma manutenção e seguir os passos apresentados na descrição. À medida que o operador realiza as manutenções é possível passar para os próximos passos, assim acessando as próximas fotos instrutivas e realizando o processo de manutenção.

As válvulas de entradas e as que antecedem e postergam os elementos em manutenção devem estar fechadas no momento da manutenção. Quando se passar por todos os passos da manutenção e suas devidas ações forem realizadas, será exibida uma mensagem notificando que a manutenção foi realizada com sucesso.
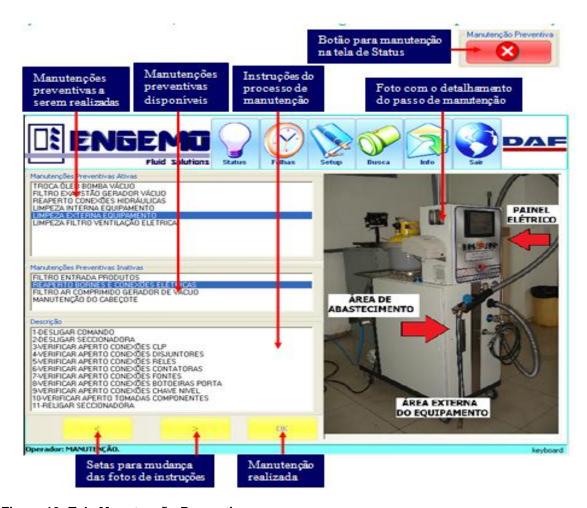
Figura 13: Tela Manutenção Preventiva

Fonte: Engemo Fluid Solutions

Quando o operador selecionar uma Manutenção Preventiva será exibido um alerta, perguntando se o operador deseja realizar a manutenção naquele momento. Após a manutenção ser concluída será exibida uma caixa de diálogo informado que a manutenção foi realizada com sucesso.

Figura 14: Tela de Alerta de Manutenção Preventiva

Fonte: Engemo Fluid Solutions

A segunda maneira é quando o usuário do tipo Administrador acessar a tela de *Setup* ilustrada na Figura 16, no botão Manutenção Preventiva. Nesta tela são exibidas todas as manutenções programadas. Nela podem ser editadas ou criadas novas manutenções quando se fizer necessário.
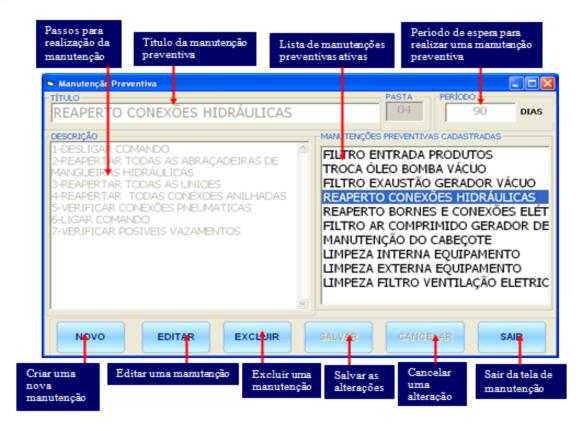
Figura 15: Tela manutenções programadas

Fonte: Engemo Fluid Solutions

5.1.5.1 INTRUÇÕES

- Limpeza de filtros trimestralmente;
- Troca de anéis o'rings do cabeçote;
- Aperto de conexões elétricas e mecânicas da máquina;
- Troca do filtro da bomba de vácuo;
- Troca da garrafa de gás refrigerante, a medida que o sensor é acionado.

5.1.5.2 INDICAÇÃO DE FALHAS DE PROCESSO

São as falhas referentes à discrepância dos valores de processo programadas pelo operador. Na tabela 1 estão definidas as falhas e o levantamento dos possíveis motivos de ocorrência da mesma.

Falha	Descrição
Falha Pressurização	1 - Esta falha ocorre caso a pressão não seja atingida dentro do tempo programado; 2 - Estanqueidade do sistema, centralização e vedação do cabeçote ou ainda por falta de ar; 3 - Pressão deve ser ajustada sem representar riscos à limitação construtiva do sistema; 4 - Valores de pressão e tempo são distintos para cada modelo de veículo.
Processo Interrompido em Pressurização	1 - Esta falha indica que houve uma interrupção forçada no processo no passo de pressurização, sendo que isto pode ocorrer por falhas de emergência, ou acionamento do botão de parada do cabeçote.
Falha Teste Pressão	1 - Esta falha ocorre caso a pressão caia durante o tempo de teste; 2 - Estanqueidade do sistema, mangueiras soltas, fissuras de fundição; 3 - Variação deve ser ajustada de tal forma a permitir análise de queda de pressão; 4 - Valores de variação de pressão e tempo são distintos para cada modelo de veículo.
Processo Interrompido em Teste de Pressão	1 - Esta falha indica que houve uma interrupção forçada no processo no passo de Teste de pressão, sendo que isto pode ocorrer por falhas de emergência, ou acionamento do botão de parada do cabeçote.
Falha Despressurização	1 - Esta falha pode ocorrer no caso de que alguma situação não permita a despressurização do volume de ar utilizado para o teste de pressurização.
Processo Interrompido em Despressurização	1 - Esta falha indica que houve uma interrupção forçada no processo no passo de despressurização, sendo que isto pode ocorrer por falhas de emergência, ou acionamento do botão de parada do cabeçote.

Falha Primeira Evacuação	1 - Esta falha ocorre caso o nível de vácuo mínimo não seja alcançado dentro do tempo evacuação; 2 - Estanqueidade do sistema, mangueiras soltas, fissuras de fundição; 3 - O tempo de evacuação é importante para remoção da massa de ar e capacidade de detecção de fugas; 4 - Valores de vácuo e tempo são distintos para cada modelo de veículo.
Processo Interrompido em Primeira Evacuação	1 - Esta falha indica que houve uma interrupção forçada no processo no passo de evacuação, sendo que isto pode ocorrer por falhas de emergência, ou acionamento do botão de parada do cabeçote.
Falha Teste de Estanqueidade	1 - Esta falha ocorre caso o nível de vácuo seja prejudicado dentro do tempo de teste; 2 - Estanqueidade do sistema, mangueiras soltas, fissuras de fundição; 3 - O tempo de teste é importante para detecção de fugas, pois pequenas entradas de ar favorecem rápido aumento de pressão; 4 - Valores de variação de vácuo e tempo são distintos para cada modelo de veículo.
Processo Interrompido em Teste de Estanqueidade	1 - Esta falha indica que houve uma interrupção forçada no processo no passo de teste de estanqueidade, sendo que isto pode ocorrer por falhas de emergência, ou acionamento do botão de parada do cabeçote.
Falha Segunda Evacuação	1 - Esta falha ocorre caso o nível de vácuo mínimo não seja alcançado dentro do tempo evacuação; 2 - Estanqueidade do sistema, mangueiras soltas, fissuras de fundição; 3 - O tempo de evacuação é importante para remoção da massa de ar e capacidade de detecção de fugas; 4 - Valores de vácuo e tempo são distintos para cada modelo de veículo.
Processo Interrompido em Segunda Evacuação	1 - Esta falha indica que houve uma interrupção forçada no processo no passo de segunda evacuação, sendo que isto pode ocorrer por falhas de emergência, ou acionamento do botão de parada do cabeçote.
Falha Carga	1 - Esta falha pode ocorrer por problemas na válvula de carga, ou problemas no medidor de vazão.
Tempo Excedido em Carga	1 - Tempo programado para a realização do abastecimento foi excedido; 2 - Revisar parâmetro de processo na receita deste modelo - talvez tenha sido programado um valor muito baixo; 3 - Verificar as condições de vazão do fluído sendo que possivelmente

	algum filtro da máquina esteja obstruído, ou a pressão de abastecimento do fluído esteja muito baixa.
Processo Interrompido em Carga	1 - Esta falha indica que houve uma interrupção forçada no processo no passo de carga de óleo, sendo que isto pode ocorrer por falhas de emergência, ou acionamento do botão de parada do cabeçote.

Tabela 2: Falhas de processo

Fonte: Engemo Fluid Solutions

5.1.5.3 INDICAÇÃO DE FALHAS DE EQUIPAMENTO

São as falhas referentes aos equipamentos da própria máquina de abastecimento, que são detectadas pelos sensores e pelo CLP, e transmitidos através da IHM e por sinais sonoros e visuais. A seguir, na Tabela 2, estão definidas as possíveis causas para o operador poder solucionar o problema o quanto antes.

Falha	Descrição
Alarme 000 - Comando Desligado	1 - Comando Desligado; 2 - Religar comando.
Alarme 001 - Controlador de Emergência	1 - Verificar se algum botão de emergência está acionado; 2 - Verificar motivo do acionamento e condições do equipamento; 3 - Desacioná-la e pressionar o botão *Reset* do painel principal.
Alarme 002 - Botão de Emergência	1 - Verificar se o botão de emergência do painel principal está acionado; 2 - Verificar motivo do acionamento e condições do equipamento; 3 - Desacioná-la e pressionar o botão *Reset* do painel principal.
Alarme 003 - Supervisor Bomba de Vácuo	1 - Verificar se a alimentação elétrica da Bomba de Vácuo está ok; 2 - Verificar possível mau contato no disjuntor de proteção.
Alarme 004 - Falta de Fase	1 - Relé falta de fase acionado devido à queda de alguma fase da alimentação elétrica ou fase invertida; 2 - Verificar sequência de fase da alimentação.

Alarme 005 - Pressostato Ar Comprimido	1 - Queda de pressão na alimentação de ar comprimido console (Pressostato); 2 - Verificar a alimentação de ar comprimido ou ajuste do pressostato; 3 - Verificar regulador de pressão e válvula de entrada.
Alarme 006 - Nível Baixo Tanque	1 - Tanque do fluído está com o nível mínimo de fluído permitido; 2 - Verificar se o tambor de alimentação está vazio; 3 - Verificar funcionamento da válvula de entrada de fluído; 4 - Efetuar a troca do tambor de fluído externo se necessário.
Alarme 007 - Nível Alto Tanque	1 - Excesso de fluído no interior do tanque; 2 - Verificar sinais elétricos dos sensores de nível do tanque; 3 - Verificar funcionamento da válvula de entrada de fluído; 4 - Evitar aspiração de fluído pelos cabeçotes.
Alarme 008 - Falha Medidor de Vazão	1 - Medidor de carga não indicou vazão do mesmo para carga; 2 - Verificar as válvulas de carga do fluido; 3 - Verificar o sinal elétrico do medidor de vazão; 4 - Verificar se não existem válvulas de esfera indevidamente fechadas na máquina; 5 - Verificar se o filtro está obstruído.
Alarme 009 - Falha Medidor de Vazão Óleo	1 - Medidor de carga não indicou vazão do mesmo para carga; 2 - Verificar as válvulas de carga do óleo; 3 - Verificar o sinal elétrico do medidor de vazão; 4 - Verificar se não existem válvulas de esfera indevidamente fechadas na máquina; 5 - Verificar se o filtro está obstruído.
Alarme 010 - Tanque de Óleo Nível Baixo	1 - Tanque do Óleo está com o nível mínimo de fluído permitido; 2 - Verificar se o tambor de alimentação está vazio; 3 - Verificar funcionamento da válvula de entrada de fluído; 4 - Efetuar a troca do tambor de fluído externo se necessário.
Alarme 011 - Nível Tanque Separador	1 - Tanque separador com fluido; 2 - Drenar tanque separador; 3 - Verificar sensor de nível do tanque.
Alarme 012 - Nível Alto Tanque Recolhimento	1 - Verificar nível do tanque de recolhimento; 2 - Garrafa de recolhimento com nível máximo; 3 - Esvaziar gás R134a do tanque de recolhimento através da válvula manual vermelha.
Alarme 013 - Reposição de Gás - Tempo Excedido	1 - Tempo de reposição não foi suficiente para encher o cilindro interno;

	2 - Tanque externo de R134a pode estar vazio; 3 - Válvula de entrada R134a Fechada.
Alarme 014 - Fim de Curso Alarme	1 - Esta falha indica que o braço giratório do equipamento foi articulado até o limite inicial de alarme; 2 - Basta retornar o braço à posição normal que a falha é automaticamente cancelada.
Alarme 015 - Fim de Curso Parada de Linha	1 - Esta falha indica que o braço giratório do equipamento foi articulado até o limite inicial de parada de linha; 2 - Basta retornar o braço à posição normal e pressionar o botão de reset da máquina que a falha é cancelada.
Alarme 016 - By-pass Parada de Linha	1 - Verificar posição da chave de by-pass.
Alarme 017 - Garrafas Externas Vazias	1 - Tanque externo de R134a pode estar vazio; 2 - Válvula de entrada R134a Fechada

Tabela 3: Tabela Falhas de Equipamento

Fonte: Engemo Fluid Solutions

6 BANCO DE DADOS

Banco de dados e sistemas gerenciadores de banco de dados (SGBD) são fundamentais para a existência de um sistema de informação.

Um banco de dados tem a função de armazenar uma coleção de dados inter-relacionados sobre um domínio específico, como por exemplo uma empresa, ou até mesmo uma única máquina da indústria. Estas informações são apresentadas ao usuário através de um sistema gerenciador de banco de dados.

Segundo Korth, um sistema gerenciador de banco de dados é constituído por um conjunto de dados associados a um conjunto de programas para acesso a estes dados. Estes sistemas apresentam estas informações de maneira abstrata, poupando o usuário de detalhes internos do banco de dados, promovendo uma certa independência do material em relação a sua aplicação e forma de armazenamento.

Korth ainda afirma que, o principal objetivo de um SGBD é proporcionar um ambiente tanto conveniente quanto eficiente para a recuperação e armazenamento das informações no banco de dados.

Para descrever um banco de dados é utilizado um modelo de dados, o qual é um conjunto de ferramentas conceituais. Este é utilizado também para definir o relacionamento entre os dados, semântica de dados e regras de consistência. Estes modelos são divididos em três diferentes grupos: modelos lógicos com base em objetos, modelos lógicos com base em registros e modelos físicos.

No trabalho proposto, será utilizado um banco de dados seguindo o modelo lógico com base em registros.

Estes são modelos que representam as estruturas das tabelas de forma próxima a existente fisicamente. Assim são apresentados os registros de cada tabela e seus relacionamentos elementares.

"Os modelos com base em registro são assim chamados porque o banco de dados é estruturado por meio de registros de formado fixo de todos os tipos. Cada registro define um número fixo de campos ou atributos, e cada campo possui normalmente tamanho fixo" (KORTH, 2006).

Os três modelos de dados com base em registros mais comuns utilizados são o relacional, o de rede e o hierárquico.

O *software* gerenciador que será utilizado, MySQL, utiliza o modelo relacional como padrão.

6.1 MODELO RELACIONAL

O modelo relacional segue a ideia de relação para construção de sua representação de dados, que é dada por uma tabela com linhas não ordenadas e colunas. Esta relação consiste de um esquema e de uma instância.

O esquema tem a função de especificar o nome da relação, o nome e o domínio de cada coluna da tabela de dados. É invariável ao longo do tempo, sendo modificado apenas por comandos específicos dentro do *software.* A instância de uma relação é o conjunto de linhas, distintas entre si, que compõe a relação em um determinado momento. Pode ser definida também como registro. Esta é variável ao longo do tempo, sendo que podem ser inclusos novos registros neste período.

6.2 MySQL

O *software* MySQL é um dos sistemas de gerenciamento de banco de dados mais populares, e é reconhecido por sua facilidade de uso e compatibilidade com diversos sistemas operacionais. Utiliza a linguagem SQL (*Structured Query Language)* como interface.

O MySQL possuí a característica *Open Source*, ou seja, qualquer usuário pode utilizar e modificar o código fonte do *software*, com fins de adequá-lo às suas necessidades.

6.2.1 LINGUAGEM SQL

A *Structured Query Language*, SQL, é uma linguagem de pesquisa estruturada para banco de dados mais utilizada no mercado. Seu desenvolvimento começou no início dos anos 70, e devido a seu sucesso, em 1986, organizações como a ANSI e ISO decidiram padronizá-la com a versão SQL-86. A linguagem evoluiu até a versão SQL:2003, com a adição de novos recursos.

Segundo Ramakrishnan (1998), originalmente desenvolvida como linguagem de consulta do SGBD relacional pioneiro da IBM, o System-R, a linguagem de consulta estruturada, SQL, tornou-se a mais usada para criar, manipular e consultar SGBD's relacionais.

6.3 BANCO DE DADOS IMPLEMENTADO NA MÁQUINA

A tela abaixo, do banco de dados, indica os valores registrados de cada etapa do processo, produto a produto, e também a data e o horário para que o usuário possa checar e avaliar esses valores futuramente.

Resultset 1

ID_Resultad...	ID_Produto	Pressao	TestePressao	Vacuo	TesteEstanq	Vacuo2	Volume	Volume2	TempoProcesso	ID_Falha	Data
1	1	0.01	0	0	0	0	0	0	21	1	2013-0
2	1	0.01	0.01	0	0	0	0	0	33	2	2013-0
3	1	-0.01	-0.01	0	0	0	0	0	42	99	2013-0
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2013-0
5	1	0.03	0	0	0	0	0	0	17	1	2013-0
6	1	-0.01	0	0	0	0	0	0	10	1	2013-0
7	1	-0.01	0	0	0	0	0	0	8	1	2013-0
8	1	-0.01	0	0	0	0	0	0	12	1	2013-0
9	1	-0.01	0	0	0	0	0	0	8	1	2013-0
10	1	-0.01	0	0	0	0	0	0	8	1	2013-0
11	1	2	2	0	0	0	0	0	94	3	2013-0
12	8	1.5	0	0	0	0	-0.001	0	81	1	2013-0
13	152	4.75	0.01	36.84	99.47	99.47	0	0	762	99	2013-0
14	160	5.19	5.2	1.93	1.6	0.3	0	0	308	99	2013-0
15	1	5.22	0	0	0	0	0	0	36	3	2013-0
16	1	5.22	0	0	0	0	0	0	36	3	2013-0
17	1	5.19	0	0	0	0	0	0	36	3	2013-0
18	1	5.23	0	0	0	0	0	0	35	1	2013-0
19	1	5.21	5.17	0.73	0	0	0	0	111	7	2013-0
20	1	5.22	5.19	0.7	0	0	0	0	111	7	2013-0
21	1	5.19	5.16	6.93	0	0	0	0	111	7	2013-0
22	0	5.17	5.05	6.69	0	0	0	0	84	7	2013-0
23	188	5.19	5.1	9.27	185.75	12.54	0	0	228	12	2013-0
24	189	5.19	5.18	4.49	4.45	3.71	0	0	254	12	2013-0
25	190	5.21	5.22	4.2	4.1	3	0	0	232	12	2013-0
26	191	5.21	5.22	3.6	4.2	3.7	0	0	224	99	2013-0
27	192	4.87	0.02	3.3	0	0	0	0	307	8	2013-0

788 rows fetched in 0,0290s (0,0059s)   Edit   Apply Changes   Discard Changes   First   Last   Search

1:   1

Figura 16: Tabela de Resultados

Fonte: Autoria Própria

Em seguida temos o histórico de falhas, onde cada número da coluna ID_Falha corresponde a um tipo de ocorrência registrada no decorrer do processo, e cada uma dessas ocorrências é arquivada contendo sua hora e data. HÁ também a ID_Operador que identifica o tipo de usuário que realizou o abastecimento sendo:

1- Manutenção;

2-Operador;

3-Engenharia;

Resultset 1

ID_HistFalha	ID_Falha	Data	Hora	ID_Operador	Tempo	Status
1	2	2012-08-10 00:00:00	1899-12-30 14:38:41	1	0	0
2	2	2012-08-13 00:00:00	1899-12-30 13:53:38	1	0	0
3	3	2012-08-13 00:00:00	1899-12-30 13:54:05	1	0	0
4	4	2012-08-13 00:00:00	1899-12-30 13:54:34	1	0	0
5	4	2012-08-13 00:00:00	1899-12-30 14:00:57	1	0	0
6	2	2012-08-13 00:00:00	1899-12-30 14:03:09	1	0	0
7	6	2012-08-13 00:00:00	1899-12-30 14:03:28	1	0	0
8	2	2012-10-01 00:00:00	1899-12-30 13:44:33	1	0	0
9	3	2012-10-01 00:00:00	1899-12-30 13:45:00	1	0	0
10	4	2012-10-01 00:00:00	1899-12-30 13:53:22	1	0	0
11	5	2012-10-01 00:00:00	1899-12-30 13:53:24	1	0	0
12	11	2012-10-01 00:00:00	1899-12-30 14:08:11	1	0	0
13	2	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:23:06	1	0	0
14	6	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:23:09	1	0	0
15	13	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:23:11	1	0	0
16	14	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:23:13	1	0	0
17	2	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:24:02	1	0	0
18	6	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:24:05	1	0	0
19	13	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:24:07	1	0	0
20	14	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:24:09	1	0	0
21	2	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:25:48	1	0	0
22	6	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:25:50	1	0	0
23	13	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:25:53	1	0	0
24	14	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:25:55	1	0	0
25	2	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:29:42	1	0	0
26	6	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:29:44	1	0	0
27	2	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:30:56	1	0	0
28	6	2012-10-24 00:00:00	1899-12-30 13:30:58	1	0	0

2015 rows fetched in 0,0363s (0,0031s)

Edit Apply Changes Discard Changes First Last Search

Figura 17: Histórico de Falhas

Fonte: Autoria Própria

A figura abaixo referente ao banco de dados, expõe a identificação e descrição das Manutenções Preventivas. As manutenções após um determinado ciclo devem ser realizadas, como mostra a coluna Período, seguindo as instruções da coluna Descrição correspondente a cada tipo de manutenção da coluna Título. Após a realização das manutenções, as datas de verificação são armazenadas.

Resultset 1

ID_MP	Titulo	Descricao	Periodo	Data_Verificacao	Ativa
1	FILTRO ENTRADA PRODUTOS	1-DESLIGAR COMANDO¶2-FECHAR VALVULAS ENTR...	90	2013-07-22 00:00:00	0
2	TROCA ÓLEO BOMBA VÁCUO	1-DESLIGAR COMANDO EQUIPAMENTO¶2-REMOVER ...	90	2011-07-03 00:00:00	1
3	FILTRO EXAUSTÃO GERADOR VÁCUO	1-DESLIGAR COMANDO¶2-REMOVER O FILTRO (ROS...	90	2013-06-05 00:00:00	1
4	REAPERTO CONEXÕES HIDRÁULICAS	1-DESLIGAR COMANDO¶2-REAPERTAR TODAS AS A...	90	2013-02-25 00:00:00	1
5	REAPERTO BORNES E CONEXÕES ELÉTRICAS	1-DESLIGAR COMANDO¶2-DESLIGAR SECCIONADOR...	180	2013-02-11 00:00:00	0
6	FILTRO AR COMPRIMIDO GERADOR DE VÁCUO	1-DESLIGAR COMANDO¶2-REMOVER CAPSULA(ROS...	90	2013-07-02 00:00:00	0
7	MANUTENÇÃO DO CABEÇOTE	1-DESLIGAR COMANDO¶2-DESLIGAR EQUIPAMENTO...	180	2013-02-11 00:00:00	0
8	LIMPEZA INTERNA EQUIPAMENTO	1-DRENAR OS COPOS DE ACUMULO DE PISO ATRAV...	30	2012-12-27 00:00:00	1
9	LIMPEZA EXTERNA EQUIPAMENTO	1-EFETUAR LIMPEZA NAS PARTES EXTERNAS DO EQ...	30	2012-12-27 00:00:00	1
10	LIMPEZA FILTRO VENTILAÇÃO ELETRICA	1-RETIRAR TAMPA FILTRO¶2-RETIRAR ELEMENTO¶...	30	2012-12-27 00:00:00	1

10 rows fetched in 0,0136s (0,0007s)

Edit | Apply Changes | Discard Changes | First | Last | Search

Figura 18: Manutenção Preventiva

Fonte: Autoria Própria

Abaixo temos o histórico das manutenções preventivas. A coluna ID_MP identifica o tipo de manutenção realizada. Já a coluna Operador mostra o tipo de usuário que realizou a preventiva e ainda existe a data de quando a manutenção foi realizada.

Resultset 1

ID_Historico...	ID_MP	Data_Realizada	Operador
1	1	2012-08-13 14:32:05	MASTER
2	2	2012-08-13 14:32:10	MASTER
3	3	2012-08-13 14:32:15	MASTER
4	4	2012-08-13 14:32:20	MASTER
5	6	2012-08-13 14:32:25	MASTER
6	5	2012-08-13 14:32:30	MASTER
7	7	2012-08-13 14:32:34	MASTER
8	9	2012-08-13 14:32:38	MASTER
9	8	2012-08-13 14:32:43	MASTER
10	9	2012-09-21 09:38:29	MASTER
11	8	2012-09-21 09:38:39	MASTER
12	10	2012-09-21 09:38:45	MASTER
13	1	2012-11-27 10:25:29	MASTER
14	3	2012-11-27 10:25:45	MASTER
15	2	2012-11-27 10:25:59	MASTER
16	6	2013-04-03 14:42:23	MANUTENÇÃO
17	1	2013-04-23 09:13:41	MANUTENÇÃO

17 rows fetched in 0,0049s (0,0006s) Edit Apply Changes Discard Changes First Last Search

Figura 19: Histórico de Manutenção Preventiva

Fonte: Autoria Própria

A tabela abaixo corresponde aos valores setados para o abastecimento. Os pararâmetros para cada etapa do processo são escolhidas pelo usuário e salvos na Tela de setup vista na sessão Parâmetros do Processo vista anteriormente. Cada etapa tem a quantia e o tempo necessário para que a etapa ocorra dentro dos padrões estipulados pelo operador.

Resultset 1

ID_Receita	Nome	Pressao	TempoPressao	TestePressao	TempoTestePr...	Vacuo	TempoVacuo	TesteEstanq	TempoT
1	RECEITA MANUAL 01	3	30	0.5	10	4	60	1	
2	RECEITA MANUAL 02	2	30	0.5	10	3	60	1	
3	RECEITA MANUAL 03	3	30	0.5	10	5	60	1	
4	RECEITA MANUAL 04	2	30	0.5	10	4	60	1	
5	RECEITA MANUAL 05	3	30	0.5	10	3	60	1	
6	RECEITA MANUAL 06	2	30	0.5	10	3	60	1	
7	RECEITA MANUAL 07	3	30	0.5	10	4	60	1	
8	RECEITA MANUAL 08	2	30	0.5	10	5	60	1	
9	RECEITA MANUAL 09	3	30	0.5	10	6	60	1	
10	RECEITA MANUAL 10	2	30	0.5	10	7	60	1	
11	REC	2	30	0.5	10	5	60	1	
12	REC1	2	30	0.5	10	2	60	1	
13	REC1	2	30	0.5	10	2	60	1	
14	REC	2	30	0.5	10	5	60	1	
15	REC	2	30	0.5	10	5	60	1	
16	REC1	2	30	0.5	10	2	60	1	
17	REC1	2	10	0.5	10	10	60	1	
18	REC1	2	10	0.5	10	10	50	1	
19	REC1	2	10	0.5	10	10	50	1	
20	REC1	2	10	0.5	10	10	50	1	
21	REC1	2	10	0.5	10	10	50	1	
22	REC1	2	10	0.5	10	10	50	1	
23	REC1	2	10	0.5	10	10	50	1	
24	REC1	2	10	0.5	10	10	50	1	
25	REC1	2	10	0.5	10	10	50	1	
26	REC1	2	10	0.5	10	10	50	1	
27	REC1	2	10	0.5	10	10	50	1	

305 rows fetched in 0,0634s (0,0035s)

Edit | Apply Changes | Discard Changes | First | Last | Search

Figura 20: Receitas

Fonte: Autoria Própria

7 CÁLCULO DO OEE NA MÁQUINA

A máquina de abastecimento possui um sistema de sensoriamento o qual é utilizado para o desenvolvimento dos processos e para a indicação de falhas, seja do equipamento, que faz referência aos componentes da máquina como transdutores e fins de curso, como para acusar falhas caso a máquina não atinja os valores determinados pelo operador no tempo estipulado, as chamadas falhas de processo. Porém isso era apenas representado para informar o operador através da IHM uma possível falha, para que ele pudesse entender instantaneamente o problema e tentar resolve-lo, ou ainda para comunicar a Engemo e requisitar a solução do mesmo.

Analisando essa situação, determinou-se a criação de um banco de dados para que essas falhas pudessem ser analisadas pela engenharia da Engemo e não fossem simplesmente um alerta para a resolução imediata do problema. Através da análise desses dados futuramente a engenharia pode chegar a conclusões do motivo dessas ocorrências, sendo pela qualidade dos componentes da máquina, ou pelo não atendimento das metas requeridas da fábrica como níveis de pressão, vácuo e carga.

A intenção com essa coleta de dados é que o número de paradas diminua, e assim a disponibilidade da máquina possa aumentar, consequentemente aumentando o indicador OEE.

7.1 TAXA DE QUALIDADE

Para a taxa de qualidade será avaliado ao fim do processo se houve o abastecimento da carga de acordo com o valor programado. Se ocorrer falha de carga o veículo não foi abastecido ou o volume fugiu dos padrões estipulados pelo operador, logo o produto não será caracterizado como produto bom. Isso poderá ser analisado ao fim do processo pelo operador através da IHM e pela impressora que mostrará se o procedimento foi aprovado ou reprovado, além de ficar registrado no banco de dados.

A figura a seguir diz respeito ao cálculo da qualidade. Se o abastecimento registrado pela memória “pc_VOLUME_ABAST_GAS” for igual ao volume requerido pelo operador, correspondente a memória “sp_carga_gas_offset”, então a condição será aceita, e o produto será caracterizado como produto bom, como mostra a Figura 22. Se o valor for diferente, irá registrar falha de abastecimento de acordo com a Figura 23.
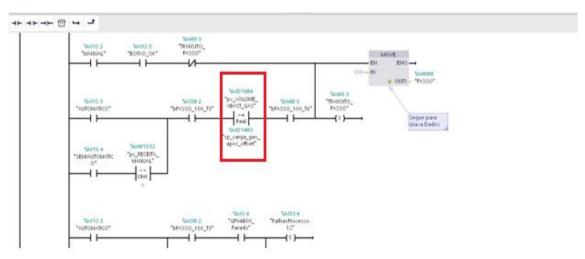
Figura 21: Produto Aprovado

Fonte: Autoria Própria
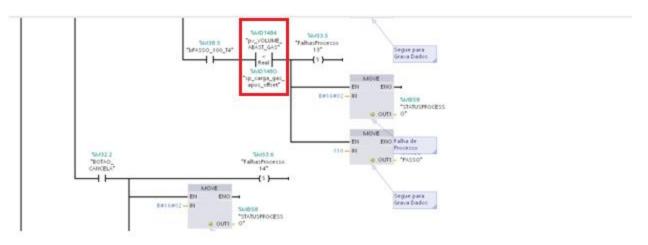
Figura 22: Produto Reprovado em Relação ao SetpointI de Abastecimento

Fonte: Autoria Própria

Durante os passos do processo, a mémoria do CLP “STATUSPROCESSO” mantém-se com o valor 0. Se o processo for interrompido, ela receberá o valor 1 e em caso de falha receberá o valor 2. Através desses valores, é possível identificar a causa e registrar no banco de dados. Ao fim do abastecimento, se produto for aprovado a memória “pc_GRAVA_DADOS” recebe o valor 0, e se for reprovado recebe o valor 10.
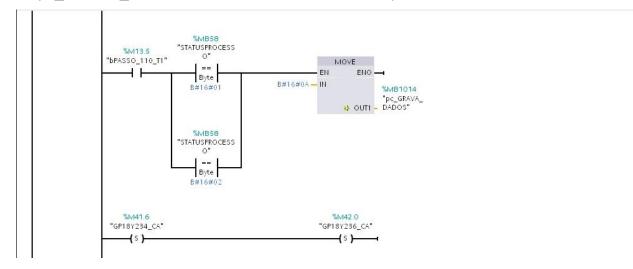
Figura 23: Condição do Status do Processo

Fonte: Autoria Própria

$$index_Qual = (Veiculos_Abast / Veiculos_Prog_Abast) \quad (14)$$

7.2 EFICIÊNCIA DE PERFORMANCE

A montadora contratante requer tempos mínimos para cada etapa do processo. A soma destes ciclos equivale ao tempo teórico programado para a máquina fazer o abastecimento total e estão expostos na tela de setup já vista na seção Parâmetros de Processo.

Para o cálculo do tempo de operação, são somados os tempos reais de cada etapa no decorrer do processo, chegando ao período total utilizado pelo equipamento.

$$index_Perf = (Tempo_Abast / Tempo_Prog_Abast) \quad (15)$$

7.3 DISPONIBILIDADE

Para o cálculo da disponibilidade, são analisados fatores que ocasionam paradas no processo da máquina. Abaixo estes são listados.

- Falhas de equipamento e processo (DT Técnica);
- Manutenção Preventiva (Tempo Excluído);
- Emergência (DT Operacional);
- ST Operacional;
- ST Induzido;

7.3.1 FALHAS DE EQUIPAMENTO E PROCESSO

Quando ocorrer qualquer tipo de falha o processo será interrompido. O tempo de parada será registrado, até que o problema seja resolvido e a máquina volte para condição de repouso, e assim estar disponível novamente.

Caso precise ser feito alguma troca de peça da máquina, como a realização de uma manutenção corretiva, o técnico deverá desligar o comando por medida de segurança, pois as pressões de trabalho são muito altas e a ocorrência de vazamento

de fluidos torna-se muito provável. A partir do momento que for desligado o comando, o tempo de indisponibilidade da máquina será contabilizado até o ligamento do mesmo.

As Figuras 25 e 26 mostram os blocos que movem os valores das falhas de equipamento e de processo, respectivamente, registradas pelo CLP para o PC, que serão arquivadas no banco de dados.
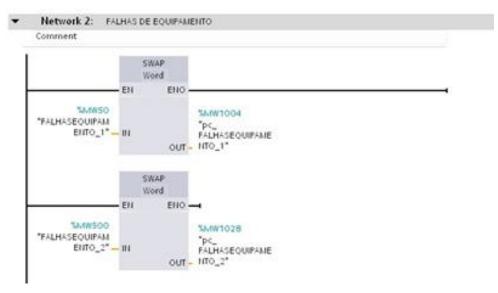
Figura 24: Falha de Equipamento do CLP para o PC

Fonte: Autoria Própria

Figura 25: Falha de Processo do CLP para o PC

Fonte: Autoria Própria

A imagem abaixo mostra, em destaque, o contato lógico que evita o funcionamento da máquina caso exista alguma falha durante o processo, causando sua abertura.
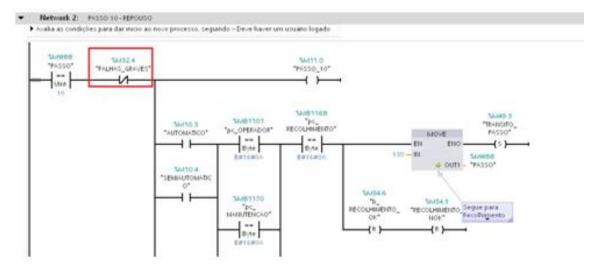
Figura 26: Interrupção do Funcionamento da Máquina por Motivo de Falha

Fonte: Autoria Própria

7.3.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Quando ocorrer o período programado para manutenção de cada item, a máquina ficará indisponível até que a manutenção seja feita e ocorra a confirmação pelo operador de que a peça danificada foi trocada. Porém, essa parada é caracterizada como “Tempo Excluído” e não será contabilizado no cálculo do OEE, entretanto será registrada no banco de dados para análises.

7.3.3 EMERGÊNCIA

Na ocorrência de uma anormalidade qualquer, o operador pode utilizar o botão de emergência para interromper imediatamente o processo da máquina. O VB contará o tempo de parada até que a máquina volte a estar disponível.

7.3.4 ST OPERACIONAL E ST INDUZIDO

Na máquina existe um sensor que alerta o operador sobre o nível baixo de carga para o abastecimento do veículo, indicando que deve ser realizada a troca da garrafa do gás refrigerante. O ST Operacional será registrado enquanto o comando está desligado e está ocorrendo a troca da carga do gás. Se o operador deixar de seguir a recomendação, será registrado o ST Induzido através da falha da falta de gás.

7.3.5 CÁLCULO DA DISPONIBILIDADE

Sem o atendimento de todos os requisitos vistos acima, a máquina não pode sair da condição de repouso, sendo que o VB conta o tempo dessa indisponibilidade, até o problema ser solucionado para o inicio do processo. Abaixo são expostas as condições mínimas para que a máquina esteja disponível para operar, e em seguida o calculo da disponibilidade.
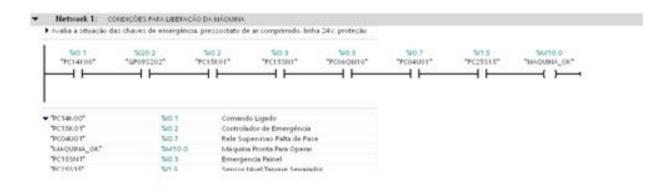
Figura 27: Condições para a Máquina Estar Disponível

Fonte: Autoria Própria

$$Tempo_Operacional = (Tempo_Disp_Prod - aux_tempo_parado) \quad (16)$$

$$index_Disp = Tempo_Operacional / Tempo_Disp_Prod \quad (17)$$

Ao final de cada mês o valor do OEE é registrado e exposto em forma gráfica na IHM. Em seguida as variáveis são zeradas para que haja a próxima avaliação mensal do indicador global.

7.4 OEE GRÁFICO NA IHM

A tela a seguir expõe os índices que compõem o OEE em tempo real, e sua estatística mensal durante o ano. Os três fatores para o cálculo do indicador são mostrados em gráficos de barras na direção horizontal, e geram o índice OEE em um gráfico de barra na direção vertical. Existe também o OEE avaliado ao fim de cada mês, para que o usuário do equipamento veja a evolução do indicador ao longo do tempo. Todos os índices são contabilizados na margem de zero a cem porcento.
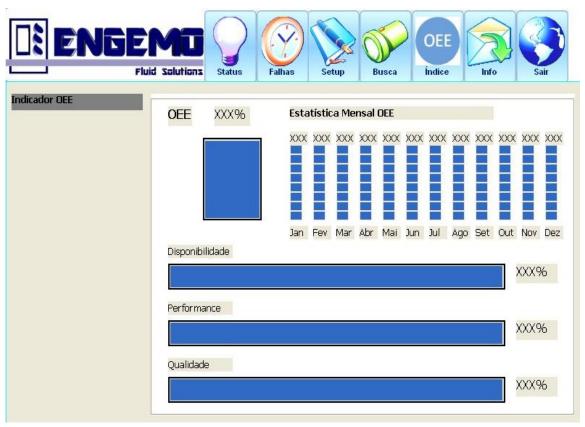
Figura 28: Tela do OEE na IHM

Fonte: Autoria Própria

7.5 BANCO DE DADOS DO OEE

A figura a seguir mostra o registro do OEE no banco de dados. Contêm a disponibilidade, performance, qualidade e OEE, além da data diária do ciclo de funcionamento da máquina.
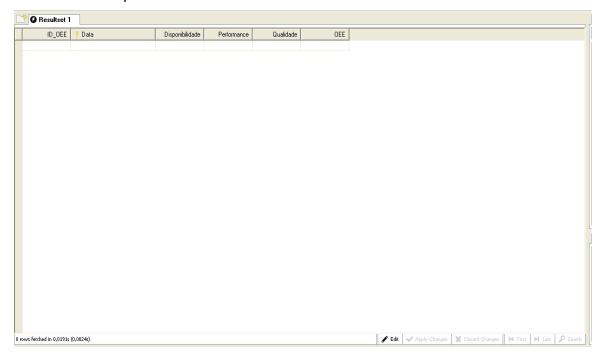
Figura 29: Tela Banco de Dados OEE

Fonte: Autoria Própria

8 CONCLUSÕES

Este projeto apresentou a integração tecnológica entre a base existente no equipamento estudado com uma base de dados e apresentação de gráficos na IHM, onde foi feito uma revisão bibliográfica de todas as referências sobre metodologia TPM, sua origem, conceitos e objetivos. Também estudado os modelos de cálculo desenvolvidos por Nakajima, onde foi possível chegar ao modelo adotado pela empresa em questão.

Foi observado também, que a apresentação dos dados em uma planilha eletrônica facilita a visualização e também a interpretação dos resultados, tanto por parte dos operadores, quando da alta gerência. Então, a equipe elaborou uma nova planilha com códigos para atender as necessidades da máquina e do operador para se ter mais acuracia na coleta de dados e manter um padrão para a mesma. Existem atualmente no mercado *softwares* específicos para cálculo de OEE, porém são *softwares* proprietários, o que gera custos na sua implantação, especialmente em pequenas empresas.

Sendo assim, a constatação que o auxílio de novos métodos trazem resultados favoráveis, serve de estímulo para a Engenharia da Engemo sempre analisar e implementar novas técnicas, continuando assim a melhoria contínua do setor de manutenção.

Ao se analisar os objetivos do trabalho, pode-se chegar a algumas conclusões importantes acerca destes, identificando aqueles que foram alcançados e as dificuldades que existiram para se chegar a estes objetivos.

Para a avaliação dos elementos do indicador OEE foi necessário uma busca bibliográfica para um bom entendimento sobre o indicador. Feito isto, houve a dificuldade para a implementação da medição do indicador na Engemo, pois a gerência não tinha conhecimento sobre OEE, desta forma a equipe teve que fazer todo um esclarecimento sobre o indicador para a empresa, explanando como é feito o cálculo e quais os dados necessários. Assim, ao final foi possível realizar, junto a Engemo, a avaliação de todos os elementos.

Por existir uma integração entre o PLC e a IHM já usadas na máquina da Engemo, utilizando o VB, ficou mais fácil a implantação de um banco de dados, tendo em vista só o levantamento dos parâmetros quem compõem o OEE, obtendo os dados importantes para a realização do cálculo.

Durante o período do trabalho ficou difícil a observação do funcionamento da máquina e da função manutenção e do indicador no equipamento, pois o período para a elaboração do trabalho é curto, se comparado com o período necessário para levantar dados suficientes para obter resultados da função manutenção. Além disso, o equipamento está instalado na linha de produção da DAF, e o grupo não teve acesso à esta linha de produção.

9 TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento deste trabalho, surgiram questões que não estavam no escopo desse projeto, mas devido ao tempo de execução limitado, ficam como sugestões de melhorias:

- Desenvolver plataforma de coleta de dados para diversos fabricantes, como a Rockwell, utilizado em outras máquinas da Engemo;
- Fazer futuramente a coleta de dados e analisar as falhas, trabalhando para melhorias desses gargalos;
- Quantificar os motivos de paradas sem ficar muito específico para não criar motivos em excesso;
- Treinar os operadores de maneira que os acompanhamentos sejam preenchidos corretamente e orientá-los para o conhecimento pleno do indicador.

Entretanto, apesar de o passo inicial ter sido dado com sucesso, ha inúmeras oportunidades da melhoria para o setor. A mudança de cultura, o estudo e aplicação de ferramentas e técnicas, nunca antes utilizadas, são tarefas que exigem um período de médio a longo prazo para colher bons resultados. Não é possível mudar o cenário bruscamente em pouco tempo.

REFERÊNCIAS

Agostinho, O.L. – **Integração Estrutural dos Sistemas de Manufatura como Pré Requisito de Competitividade.** Tese de Livre Docência, Universidade Estadual de Campinas, 1995.

ALMEIDA, Marcio Tadeu. **Manutenção preditiva**: confiabilidade e confiabilidade, 2008.

ASKIN, R.G. & STANDRIDGE, C.R. - **Modeling and Analysis of Manufacturing Systems.** John Wiley & Sons. New York, 1993.

BRANCO, Gil Branco Filho. **A Organização, o planejamento e o controle da manutenção**. 1° ed .Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

GEORGES, M. R. R. – **Uma Contribuição sobre a Utilização dos Sistemas de Informação na Formulação do Planejamento Estratégico nos Sistemas de Manufatura.** Tese Mestrado, 147 p., Unicamp, 2001.

GROOVER, M.P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura.** 3ª Ed. Editora Pearson, São Paulo, 2011.

HANSEN, R.C. **Eficiência Global dos Equipamentos – Uma poderossa ferramenta de produção/manutenção para aumento dos lucros.** Editora Bookman, Porto Alegre, 2006.

JONSSON, P. & LESSHAMMAR, M. ***Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – The role of OEE.*** International Journal of Operations & Product management, 1999.

LJUNGBERG, O. ***Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities.*** International Journal of Operations & Product management, 1999.

MIRSHAWKA , Vitor e OLMEDO, Napoleão Lupes. **Manutenção – Combate aos Custos da Não-Eficácia,** São Paulo: Makron Books, 1993.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

PINTO, A. K. e XAVIER, J. N.. **Manutenção: Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark editora, 1999.

Ramakrishnan, Raghu. **Database Management Systems**. McGraw-Hill Companies, 1998

SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J. **Utilização do Indicador de Eficácia Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura**. 2007. 10 f. UNIFEI.

SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, Henry F.; SUDARSHAN, S. **Sistema de banco de dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006

SHARMA, R. K, KUMAR, D. e PRADEEP, K. ***Manufacturing Excellence through TPM implementations: a practical analysis.*** International Management & Data Systems. V.106, n.2 p.256-280, 2006.

SHEU, D.D. ***Overall Input Efficiency and Total Equipment Efficiency.*** IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 19 Issue 4, pp 496-501, 2006.

SILVEIRA, Paulo Rogério da, e SANTOS, Winderson E. dos. **Automação e Controle Discreto,** São Paulo: Érica, 2002.

SOUZA, F.B.; PIRES S.R.I. **Análise e proposições sobre balanceamento e uso de excesso de capacidade em recursos produtibos.** Gestão & Produção, Vol. 6 No 2, PP 111-126, 1999.

SOUZA, Valdir Cardoso. **Organização e gerencia da manutenção**. 2° ed. Cidade: All Print, 2007.

WALKER, K.B. ***Corporate performance reporting revisited – balanced scorecard and dynamic management reporting.*** Industrial Management & Data Systems, Vol. 96 No 3, pp 24-30, 1996.

WEG S.A. **Automação de Processos Industriais - PC12 Design Center.** Apostila para treinamento interno, Jaraguá do Sul, [2002]. Jaraguá do Sul: Weg S.A., 2002.

XAVIER, Julio Nascif. KARDEC, Alan. **Manutenção:Função estratégica**. 3° ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

XAVIER, J. N. Manutenção – Tipos e Tendências. Disponível em www.tecem.com.br. Acesso em 20/05/2013;

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO VISUAL BASIC - MANUTENÇÃO PREVENTIVA

```
Private Sub btn_ManutPreventiva_Click()
    ' Verifica se o usuario é  manutenção
    If user_logged = 1 Then
        frmManutencaoPreventiva.Show vbModal
    Else
        user_relogin = 2
        Call ReLogin
    End If
End Sub
‘MANUTENÇAO NOK
Private Sub btn_Status_ManuPrevent_NOK_Click()
    Dim strsql As String
    Dim vntLista As Variant
    'Verifica se quem esta logado é manutenção
    If (user_logged = 1) Then
    Set moManutPreventivaNegocio = New clsManutPreventivaNegocio
     vntLista = moManutPreventivaNegocio.PreencheLista
    Me.lstManutPrevent(0).Clear
    Me.lstManutPrevent(1).Clear
    Me.txtDescricaoMP = ""
    Image5.Refresh
    btn_Navegation.item(0).Enabled = False
    btn_Navegation.item(2).Enabled = False
    btn_Navegation.item(3).Enabled = False
    If IsEmpty(vntLista) = False Then
        For iContador = LBound(vntLista, 2) To UBound(vntLista, 2)
            If vntLista(5, iContador) = 1 Then
                Me.lstManutPrevent(0).AddItem vntLista(1, iContador)
                Me.lstManutPrevent(0).ItemData(Me.lstManutPrevent(0).NewIndex) = vntLista(0,
iContador)
                btn_Navegation.item(3).Enabled = True
            Else
```

```
                Me.lstManutPrevent(1).AddItem vntLista(1, iContador)
                Me.lstManutPrevent(1).ItemData(Me.lstManutPrevent(1).NewIndex) = vntLista(0,
iContador)
            End If
        Next
        btn_Navegation.item(0).Enabled = True
        btn_Navegation.item(2).Enabled = True
    End If
    frmMain.frmnavegacao(0).Visible = False
    frmMain.frmnavegacao(1).Visible = False
    frmMain.frmnavegacao(2).Visible = False
    frmMain.frmnavegacao(3).Visible = False
    frmMain.frmnavegacao(4).Visible = False
    frmMain.frmnavegacao(5).Visible = True
    Set moManutPreventivaNegocio = Nothing
    Else
      user_relogin = 2
      Call ReLogin
    End If
End Sub
'MANUTENÇAO OK
Private Sub btn_Status_ManuPrevent_OK_Click()
    If user_logged = 1 Or user_logged = 2 Then
        btn_Status_ManuPrevent_NOK_Click
    End If
End Sub
'LISTA MANUTENÇAO PREVENTIVA
Public Sub lstManutPrevent_Click(Index As Integer)
    On Error GoTo Erro
    Dim strsql              As String
    Dim fs                  As Scripting.FileSystemObject
    Dim Arquivo             As File
    Dim pasta               As Folder
    Set moManutPreventivaNegocio = New clsManutPreventivaNegocio
```

```
    Set fs = New Scripting.FileSystemObject

    qtd_fotos = -1
    numero_pasta = 0
    'Desabilita o botao de OK para manutenções inativas
    btn_Navegation.item(3).Enabled = (Index = 0)
    If (Me.lstManutPrevent(Index).ListIndex <> -1) Then
        strsql = "WHERE ID_MP = " &
lstManutPrevent(Index).ItemData(lstManutPrevent(Index).ListIndex)
        moManutPreventivaNegocio.ProcuraMP (strsql)
        Me.txtDescricaoMP.Text = moManutPreventivaNegocio.Descricao
        numero_pasta = lstManutPrevent(Index).ItemData(lstManutPrevent(Index).ListIndex)
    End If

    If numero_pasta < 10 Then
        caminho = App.Path & "\MP\0" & numero_pasta
    ElseIf numero_pasta > 9 Then
        caminho = App.Path & "\MP\" & numero_pasta
    End If
    If fs.FolderExists(caminho) Then
        Set pasta = fs.GetFolder(caminho)
        For Each Arquivo In pasta.Files
            qtd_fotos = qtd_fotos + 1
        Next
        If qtd_fotos > 0 Then
            Image5.Picture = LoadPicture(caminho & "\001.jpg")
            next_foto = 2
            previous_foto = 1
        Else
            MsgBox LoadResString(176 + Lingua) & caminho & LoadResString(177 + Lingua),
vbExclamation, LoadResString(149 + Lingua)
        End If
    Else
```

```
        MsgBox LoadResString(176 + Lingua) & caminho & LoadResString(178 + Lingua),
vbExclamation, LoadResString(149 + Lingua)
    End If
Fim:
    Set moManutPreventivaNegocio = Nothing
    Set fs = Nothing
    Exit Sub
Erro:
    MsgBox LoadResString(173 + Lingua) & caminho, vbExclamation, LoadResString(149 +
Lingua)
    Resume Fim
End Sub
‘VERIFICA MANUTENÇAO PREVENTIVAS ATIVAS
Public Sub VerificaMPAtivas()
    Dim strsql As String
    Dim vntLista As Variant
    Dim rsLista As ADODB.Recordset
    strsql = "SELECT * FROM tabmanutpreventiva"
    'abre a conexão
    If conn.State = adStateClosed Then
        conn.Open
    End If
    Set rsLista = conn.Execute(strsql)
    While Not rsLista.EOF
        If rsLista.fields("Ativa").value = 1 Then
            btn_Status_ManuPrevent_NOK.Visible = True
            btn_Status_ManuPrevent_OK.Visible = False
            Exit Sub
        ElseIf Format$(Now, "short date") >=
CDate(Format$(rsLista.fields("Data_Verificacao").value, "short date")) Then
            Set moManutPreventivaNegocio = New clsManutPreventivaNegocio
            moManutPreventivaNegocio.UpdateMP rsLista.fields("ID_MP").value, 1
            btn_Status_ManuPrevent_NOK.Visible = True
            btn_Status_ManuPrevent_OK.Visible = False
```

```
        Else
            btn_Status_ManuPrevent_OK.Visible = True
            btn_Status_ManuPrevent_NOK.Visible = False
        End If
        rsLista.MoveNext
    Wend
    rsLista.Close
    Set rsLista = Nothing
    'fecha a conexão
    If conn.State = adStateOpen Then
        conn.Close
    End If
End Sub
```

APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO VISUAL BASIC - FALHAS

```
‘EXIBE FALHAS
Private Sub btn_Exibir_Falhas_Click()
   frmListaFalhas.Show , Me
End Sub
‘REGISTRA FALHAS
Private Sub ButRegistrarFalhas_Click()
    Dim iID_Produto As Long
   Dim strWhere As String
   If user_logged = 1 Or user_logged = 2 Then
      frmRegistraFalhasApontadas.Show vbModal
   Else
      user_relogin = 3
      Call ReLogin
   End If
End Sub
‘MARCA FALHAS
Private Sub Marcafalhas(ByVal Valor As Long, Optional Offset As Integer)
   Dim cont As Integer
   For cont = 0 To 20
      If (Valor And (2 ^ cont)) = (2 ^ cont) Then
         bit_falhas(Offset + cont) = True
         tmfalhasequip.Enabled = True
      Else
         bit_falhas(Offset + cont) = False
      End If
   Next
End Sub

‘LOCAL FALHAS
Private Sub FraLocalFalhas_Click()
End Sub
‘FALHAS APONTADAS
```

```
Private Sub gridFalhaApontada_Click()
End Sub
Private Sub gridFalhas_MouseUp(Button As Integer, _
                               Shift As Integer, _
                               X As Single, _
                               Y As Single)
   On Error GoTo Erro

   If gridFalhas.Row <> 0 Then
      gridFalhas.col = 0
      gridFalhas.Row = gridFalhas.MouseRow
      loadtroubleshoot (gridFalhas.Text)
   End If
Fim:
   Exit Sub
Erro:
   GravaLogErro ("Data: " & Format$(Now, "dd/mm/yyyy hh:mm:ss") & " - Local:
frmMain.gridFalhas_MouseUp - Erro No: " & CStr(Err.number) & " - Erro Desc: " &
Err.Description)
   Resume Fim
End Sub
‘LISTA FALHAS
Private Sub lsLocaisFalha_BeforeLabelEdit(Cancel As Integer)
End Sub
```

APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO VISUAL BASIC – CÁLCULO DO OEE

```
Private Sub btn_pesq_Click(Index As Integer)
   On Error GoTo Erro
   Dim index_OEE   As Double
   Dim index_Disp  As Double
   Dim index_Perf  As Double
   Dim index_Qual  As Double
   Dim Tempo_Operacional  As Double   'Tempo Máquina Disponivel para abastecimento
   Dim Tempo_Disp_Prod    As Double   'Soma do tempo de (Maquina Disponivel e
Indisponivel)
   Dim aux_tempo_parado   As Double   'Tempo que a máquina está indisponivel
   Dim Tempo_Abast        As Double   'Tempo total que durou o abastecimento do veiculo
   Dim Tempo_Prog_Abast   As Double   'Tempo total setado e programado pelo usuário para
abastecimento
   Dim Veiculos_Abast     As Double   'Numero de veiculos aprovados
   Dim Veiculos_Prog_Abast As Double  'Numero total de veiculos
        'DISPONIBILIDADE
         Tempo_Operacional = (Tempo_Disp_Prod - aux_tempo_parado)
         index_Disp = (Tempo_Operacional/Tempo_Disp_Prod)
         'PERFORMANCE
         index_Perf = (Tempo_Abast/Tempo_Prog_Abast)
         'QUALIDADE
         index_Qual = (Veiculos_Abast/Veiculos_Prog_Abast)
         when PASSO = 20 && Modo_Operação = 1
         Veiculos_Prog_Abast = Veiculos_Prog_Abast + 1
{
         if pc_GRAVA_DADOS = 1
         {
         Veiculo_Abast = Veiculo_Abast +1
         Tempo_Abast = Tempo_Abast + Tempo_Final
         Tempo_Prog_Abast = Tempo_Prog_Abast + Tempo_Prog_Final
         }
}
```

```
Erro:
   Resume Fim
End Sub
```

APÊNDICE D – PROGRAMAÇÃO VISUAL BASIC – AQUISIÇÃO TEMPOS DE PROCESSO

```
‘TEMPO INATIVO
Private Sub btnNavegacaoX_Click(Index As Integer)
    'On Error GoTo Erro
    iContadorInatividade = sTempoInativo
    frmMain.SetFocus
    Select Case Index
        Case 1
            PreencheGridFalhas 1, ""
        Case 2
            gridParametros.Clear    'limpa o grid
            CarregaLista
            LoadGrid
            'se houver itens na lista
            If (lstModelos.ListCount > 0) Then
                'posiciona no primeiro item
                lstModelos.ListIndex = 0
            End If
        Case 3
            PIC_DIAGRAMA(1).Visible = True
        Case 4
            CarregaComboModelo      'carrega o combo com os modelos cadastrados
            lstProduto.ListItems.Clear
            LimpaCampos
            LimpaGrid               'limpa o grid
        Case 5
            help.ButtonPlus1.Caption = LoadResString(212 + Lingua)
            help.Show
    End Select
    Call BotaoNavegacao(Index)
Fim:
    Exit Sub
```

```
Erro:
   GravaLogErro ("Data: " & Format$(Now, "dd/mm/yyyy hh:mm:ss") & " - Local:
frmMain.btnNavegacaoX_Click - Erro No: " & CStr(Err.number) & " - Erro Desc: " &
Err.Description)
   Resume Fim
End Sub
‘TEMPO FALHAS EQUIPAMENTO
Private Sub tmfalhasequip_Timer()
   On Error GoTo Erro
   Dim i As Long
   Dim Falha As Double
   loop_falhas = loop_falhas + 1
   If loop_falhas < 63 And loop_falhas Then
      If bit_falhas(loop_falhas - 1) = True Then
         tmfalhasequip.Interval = 2000
          Falha = loop_falhas
      Else
         tmfalhasequip.Interval = 10
      End If
   End If
   If falhasativas0 = 0 And falhasativas1 = 0 And falhasativas2 = 0 And falhasativas3 = 0 And
falhasativas4 = 0 And falhasativas5 = 0 Then
      Falha = 0
      falha_ant = 0
   End If
   If ((Falha <> 0) And (Falha <> 99) And (Falha <> 999)) Then
      falha_ant = Falha
      FailNameEquip (Falha)
      vFalhasEquip = Falha
      If bit_controle_falhas(Falha) = False Then
         moFalhas.ID_HistFalha = 0
         moFalhas.ID_Falha = Falha
         moFalhas.DataRes = Format$(Date, "dd/mm/yyyy")
         moFalhas.HoraRes = Time
```

```
            moFalhas.ID_Operador = aux_IDOperador
            moFalhas.status = 0
            moFalhas.Tempo = 0
            'Falha 01 = Comando Desligado
            If (Falha <> 0 And Falha <> 99 And Falha <> 999 And Falha <> 1) Then
                moFalhas.SalvarFalhas
            End If
            bit_controle_falhas(Falha) = True
            bFalhaEquip = True
        End If
    ElseIf Falha = 0 And falha_ant = 0 Then
        FailNameEquip (Falha)
        vFalhasEquip = Falha
        For i = 1 To 32
            bit_controle_falhas(i) = False
        Next
    End If
    If loop_falhas >= 63 Then loop_falhas = 0
Fim:
    Exit Sub
Erro:
    GravaLogErro ("Data: " & Format$(Now, "dd/mm/yyyy hh:mm:ss") & " - Local:
frmMain.tmfalhasequip_Timer - Erro No: " & CStr(Err.number) & " - Erro Desc: " &
Err.Description)
    Resume Fim
End Sub
‘TEMPO PROCESSO
Private Sub tmTempoProcesso_Timer()
    On Error GoTo Erro
    ' atribui caption
    Me.LBL_TEMPO_PROCESSO.Caption = Format$(TempoProcesso, "0000")
    ' incrementa 1
    TempoProcesso = TempoProcesso + 1
Fim:
```

```
    Exit Sub
Erro:
    GravaLogErro ("Data: " & Format$(Now, "dd/mm/yyyy hh:mm:ss") & " - Local: frmMain.tmTempoProcesso_Timer - Erro No: " & CStr(Err.number) & " - Erro Desc: " & Err.Description)
    Resume Fim
End Sub
```